



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH

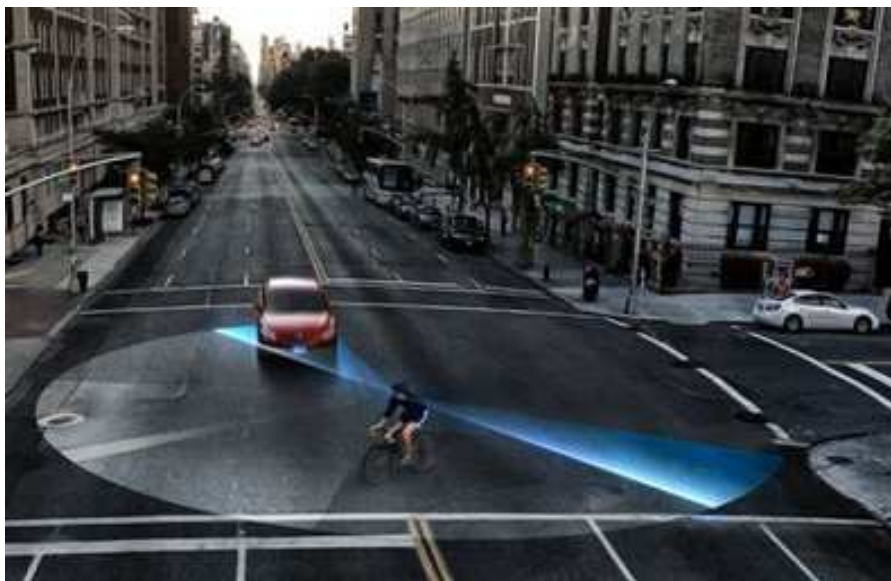
Facultat d'Òptica i Optometria de Terrassa



MÁSTER UNIVERSITARIO EN OPTOMETRÍA Y CIENCIAS DE LA VISIÓN

TRABAJO FINAL DE MÁSTER

EVALUACIÓN DE LAS HABILIDADES VISUALES PERIFÉRICAS ADQUIRIDAS CON LA CONDUCCIÓN DE VEHÍCULOS



María José Muñoz Rodríguez

DIRECTOR: Genís Cardona Torradeflot

Departament d'Òptica i Optometria

2 de julio de 2013

Facultat d'Òptica i Optometria de Terrassa

© Universitat Politècnica de Catalunya, any 2013 Tots els drets reservats



MÁSTER UNIVERSITARIO EN OPTOMETRÍA Y CIENCIAS DE LA VISIÓN

El Sr. Genís Cardona Torradeflot, como director del trabajo,

CERTIFICA

Que la Sra. María José Muñoz Rodríguez ha realizado bajo su supervisión el trabajo “Evaluación de las habilidades visuales periféricas adquiridas con la conducción de vehículos”, que se recoge en esta memoria para optar al título de Máster en Optometría y Ciencias de la Visión.

Y para que así conste, firmo este certificado.

Sr. Genís Cardona Torradeflot

Director del trabajo

Terrassa, 14 de junio de 2013



MÁSTER UNIVERSITARIO EN OPTOMETRÍA Y CIENCIAS DE LA VISIÓN

EVALUACIÓN DE LAS HABILIDADES VISUALES PERIFÉRICAS ADQUIRIDAS CON LA CONDUCCIÓN DE VEHÍCULOS

RESUMEN

INTRODUCCIÓN: La mayor parte de la información captada durante la conducción procede de la visión y engloba numerosas habilidades visuales, una de las cuales es la visión periférica.

OBJETIVO: Se pretende valorar cómo la conducción en vías urbanas, donde suele haber una mayor demanda atencional y elementos implicados, podría inducir el desarrollo de mayores habilidades en la visión periférica, tanto en un aumento de la extensión del campo visual, como en la capacidad de detección de estímulos.

MÉTODO: Se compararon 12 conductores profesionales y 12 no conductores o conductores eventuales en una serie de pruebas visuales en visión periférica para conocer sus habilidades. Concretamente, se valoraron la agudeza visual y la sensibilidad al contraste periférica nasal y temporal a una excentricidad de 2.5°, la extensión del campo visual mediante una pantalla tangente y el test de desplazamiento dorsal, y se realizó una prueba multitarea que intenta simular una situación con división atencional similar a la conducción.

RESULTADOS: No se encontraron diferencias estadísticamente significativas en ninguna de las áreas de estudio entre el grupo de conductores experimentados y el grupo control.

CONCLUSIONES: Aunque, en contra de la hipótesis inicial, los resultados no han mostrado diferencias entre los grupos de estudio, consideramos que, dada la gran variabilidad individual y las dificultades halladas en ausencia de test normalizados para evaluar las habilidades periféricas, la falta de conclusiones firmes sugiere la importancia de futuras investigaciones en este campo.

AGRADECIMIENTOS

A mi tutor, *Genís Cardona*, por guiarme en todo momento y por su celeridad en resolver mis dificultades.

A cada una de las personas que han participado desinteresadamente en este estudio dedicándome más de una hora de su vida en este mundo tan estresado. Especialmente a *Luis Martí Cores*, responsable de TMB por creer en el proyecto y colaborar tan intensamente.

A *Isaac*, por cederme el espacio para realizar el estudio.

A *Javi*, por tu inmensa ayuda en todo, corrector incansable.

A amigos y familiares, gracias por estar ahí respondiendo en todo momento.

A mis compañeros de Máster, un regalo inesperado.

A todas esas personas que han participado de una u otra manera en este trabajo, realmente innumerables, *MIL GRACIAS* porque sin vosotros no podría haberlo realizado.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	4
2. MARCO TEÓRICO	6
2.1. Conducción	6
2.2. Visión y conducción	6
2.2.1. Habilidades visuales implicadas en la conducción	6
2.2.1.1. Movimientos oculares	6
2.2.1.2. Agudeza visual	7
2.2.1.3. Sensibilidad al contraste	9
2.2.1.4. Función acomodativa	10
2.2.1.5. Visión binocular	11
2.2.1.5.1. Fusión	11
2.2.1.5.2. Estereopsis	11
2.2.1.5.3. Percepción de la profundidad	11
2.2.1.6. Visión cromática	12
2.2.1.7. Deslumbramiento y recuperación. Adaptación visual a la iluminación	12
2.2.1.8. Campo visual	13
2.3. Aprender a conducir	16
2.3.1. Exploración visual	16
2.3.2. Duración y ubicación de las fijaciones oculares	17
2.4. Conducción y visión periférica	20
2.4.1. Campo útil de visión	21
2.4.2. Atención dividida	22
2.4.3. Control de la trayectoria	23
2.4.4. Tiempo de reacción	24
2.4.5. Cambios estructurales cerebrales debidos a la experiencia en la conducción	25
3. OBJETIVO Y HIPÓTESIS	27

4. MATERIAL Y METODOLOGÍA	28
4.1. Muestra	28
4.2. Metodología	29
4.2.1. Cuestionario	29
4.2.2. Examen visual	29
4.2.3. Agudeza visual central y excéntrica	30
4.2.4. Pantalla tangente	31
4.2.5. Test de desplazamiento dorsal	32
4.2.6. Sensibilidad al contraste central y excéntrica	33
4.2.7. Test específico de conducción	35
4.3. Análisis de datos	38
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	39
5.1. Agudeza visual	40
5.2. Campo visual	41
5.3. Test de desplazamiento dorsal	42
5.4. Sensibilidad al contraste	42
5.5. Test específico de conducción	44
5.6. Otros datos de estudio	45
5.7. Discusión general de los datos	46
6. CONCLUSIONES	49
7. BIBLIOGRAFÍA	50
8. ANEXOS	56
I. Consentimiento informado para participantes de investigación	56
II. Cuestionario de conductores profesionales	58
III. Cuestionarios no conductores o conductores no profesionales	59
IV. Examen clínico	60

1. INTRODUCCIÓN

La visión humana originalmente está diseñada para las distancias lejanas, por lo que en situaciones de ametropía ésta es relajada y el esfuerzo sucede cuando tenemos que realizar un enfoque en visión próxima. Paradójicamente, esto no corresponde con la realidad de la mayor parte de la sociedad desarrollada, en la que nuestra visión predominante y con mayor demanda visual se produce en distancias cortas. Cada vez más, por otro lado, el uso de pantallas de ordenador y otros dispositivos electrónicos y la vida sedentaria deja nuestra visión más estática y centralizada. La conducción o la práctica de deportes dinámicos son actividades que ayudan a salir de este sedentarismo visual y nos proporcionan una mayor habilidad y flexibilidad visual.

Si analizamos el desarrollo humano, éste viene marcado por una continua evolución. Las imágenes captadas por la retina son bidimensionales pero nuestro sistema visual es capaz de llegar a interpretar una tercera dimensión. La percepción visual de las cosas no se corresponde con la mera realidad sino con la interpretación que nuestro cerebro realiza.

Dentro de este desarrollo humano, está la propia evolución que hace un individuo en su crecimiento personal. Esto implica un continuo aprendizaje y una continua adaptación a las nuevas situaciones que se nos plantean en la vida. Todo es aprender. Cuando somos niños, el comenzar a caminar implica todo un reto: coordinación de piernas, cambio del punto de equilibrio, etc. Cada día, sin ser conscientes de ello, debemos afrontar y adaptarnos a nuevas experiencias y nuevos retos.

La conducción es una de las tareas más complejas de la vida cotidiana. Implica una serie de habilidades perceptivas, sensoriales, cognitivas, atencionales y psicomotoras que requieren un entrenamiento. Además, se trata de una actividad que conlleva un riesgo para la propia salud y la del resto de usuarios de la vía, por lo que estas habilidades deben estar continuamente alerta. Cuando empezamos a conducir, nos faltan manos, piernas y ojos. Todos nuestros sentidos están en cada una de las nuevas cosas que tenemos que controlar. No sabemos interpretar las imágenes que captamos por los espejos retrovisores por lo que tardamos en extraer la información básica, necesitamos un mayor tiempo de observación, al compararlo con personas experimentadas. Con el tiempo y la experiencia, aprendemos a interpretar nuestra velocidad y la de otros objetos de la vía, la situación respecto a nosotros de dichos objetos, etc. Poco a poco, los procesos se van interiorizando, vamos automatizando estas acciones al principio extrañas. Y esta arriesgadísima actividad, a la que diariamente nos exponemos, sea como conductores o como peatones, es actualmente algo cotidiano en el día a día de un gran porcentaje de la población. Cuesta creer que a principios del siglo XX, Carl Benz, considerado uno de los inventores del automóvil, limitara el mercado masivo porque consideraba que no iba a existir más de un millón de

personas en todo el mundo capaces de ser entrenados como conductores ya que la especie humana no estaba preparada para desplazarse a tales velocidades (Egea, 2002). La ciencia y el desarrollo humano en ocasiones parecen ilimitados y actualmente ya existe en el mercado un automóvil capaz de pasar de 0 a 100 Km/h en 2.9 s y alcanzar los 414 Km/h (aunque a dicha velocidad tenga una autonomía inferior a 15 minutos y los neumáticos dejen de ser seguros). Pero, ¿qué sensación visual tendríamos?

Estas especializaciones que durante la vida vamos adquiriendo, ¿provocan un desarrollo real en las habilidades concretas de cada persona? Igual que los esquimales son capaces de distinguir infinidad de tonos de blanco que para el resto de personas son imperceptibles, las personas que se especializan en la conducción ¿desarrollan unas mayores habilidades de sensibilidad en su campo periférico que no se dan en el resto de población más sedentaria y estática? Son dudas que pueden surgir al plantearnos la enorme capacidad del cuerpo humano. Para un conductor, la detección de elementos en su campo visual periférico puede significar la anticipación a un suceso que puede implicar un peligro potencial para su salud. Y si esto es así, quizás sería interesante replantear los sistemas de aprendizaje.

El estudio de todos los aspectos relacionados con la conducción es vital ya que esta actividad actualmente, por ejemplo, es la primera causa de mortalidad entre los 15 y 29 años según la Dirección General de Tráfico (2009). Habitualmente, estos estudios se centran más en explorar la evolución de las estrategias visuales entre conductores habituales y noveles, en el análisis de los procesos de aprendizaje y en las estrategias que la experiencia puede aportar para suplir, en ocasiones, la falta de capacidades visuales propiamente dichas. Pero, sería interesante conocer además si existe una especialización y desarrollo real de las capacidades visuales implicadas.

Con esta finalidad, el objetivo principal del presente estudio consistirá en evaluar distintos aspectos de la visión periférica de un grupo de conductores experimentados y comparar los resultados obtenidos con aquéllos de un grupo de no conductores o conductores eventuales. Así, se explorará la agudeza visual y sensibilidad al contraste periférico, y la extensión del campo visual en distintos meridianos. Igualmente, se determinará la capacidad de detección de estímulos visuales periféricos de distinta complejidad, sometiendo a los participantes en el estudio a una prueba de división atencional en la que deberán detectar estímulos periféricos mientras centran su atención en una tarea principal en visión central.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. CONDUCCIÓN

La conducción de un vehículo es una actividad compleja que incluye la realización coordinada de múltiples y diversas tareas, en la que se debe controlar un mecanismo móvil en un entorno dinámico sometido a continuos cambios (Castro et al, 2006).

La tarea primaria de la conducción consiste en la guía del vehículo en la trayectoria correcta mientras se realiza un desplazamiento. Dicha actividad, junto a la velocidad del desplazamiento y las continuas modificaciones estimulares en la situación de tráfico, exigen al conductor diversos cambios en su foco de visión para poder realizar una exploración visual indicada, detectar los elementos claves que se le presentan y ofrecer la respuesta más idónea.

2.2. VISIÓN Y CONDUCCIÓN

La visión es la principal fuente de información captada del medio ambiente durante la conducción (Loran y MacEwen, 1995). Proporciona información sobre las características del entorno, la posición relativa del sujeto, la orientación, la velocidad del desplazamiento, la dirección y el tiempo para colisionar con algún objeto. Se produce una continua retroalimentación visual que permite, a partir de todos estos datos, la toma de decisiones vitales por el conductor.

2.2.1. HABILIDADES VISUALES IMPLICADAS EN LA CONDUCCIÓN

Es evidente, por tanto, la importancia de la visión y sus habilidades implicadas, para garantizar una eficaz recogida de la información. A continuación se describirán dichas habilidades.

2.2.1.1. MOVIMIENTOS OCULARES

Utilizando la clasificación funcional de Carpenter (1991), basada en atender a la funcionalidad del movimiento, se pueden dividir en tres tipos:

- **Movimientos para el mantenimiento de la mirada:** son aquellos que compensan el movimiento de la cabeza o de los objetos para que permanezca la mirada fija sobre el objeto. Se dan dos tipos de estos movimientos: vestibulo-oculares (compensan los movimientos de la cabeza) y optocinéticos (compensan los movimientos del objeto).
- **Movimientos para el desplazamiento de la mirada:** permiten pasar la atención de un objeto a otro. Fundamentalmente son de tres tipos: sacádicos, seguimientos y vergencias.

- **Movimientos de fijación o micromovimientos:** evitan el fenómeno del *fading*: trémores, microsacádicos y fluctuaciones.

Dentro de la conducción, los más destacados por su importancia en la exploración visual serán:

- **Seguimientos.** Movimientos relacionados con la habilidad de seguir visualmente un objeto que se desplaza lentamente en el espacio. Presentan una latencia de 100 ms (Carl y Gellman, 1987) y alcanzan velocidades máximas de entre 30-40°/s (Gresty y Leech, 1977).
- **Sacádicos.** Son los movimientos más característicos en la conducta visual exploratoria realizada durante la conducción. Permiten dirigir la mirada hacia las zonas de interés, ubicando así la imagen en la fóvea. El área de cobertura de un sacádico es de unos 30°, ángulo a partir del cual se hace preciso el movimiento de la cabeza para redirigir la mirada. Se relacionan con la interacción entre visión central y visión periférica.
- **Fijaciones.** Se producen entre los movimientos sacádicos. Consisten en periodos en que los ojos permanecen relativamente estacionarios, con lo que se consigue centrar la proyección de un objeto en la fóvea. La duración media de una fijación oscila entre 200 y 350 milisegundos.

2.2.1.2. AGUDEZA VISUAL

Se describe como la capacidad del sistema visual para detectar, reconocer o resolver detalles espaciales en un test de alto contraste y buena iluminación. Se establece como una relación matemática entre el tamaño de un objeto y la distancia a la que se encuentra respecto al ojo: cuando se forma un ángulo de 1 minuto se habla de visión unidad (en notación decimal). Este valor se ha establecido como visión normal u óptima aunque no es extraño que sea superior en individuos sin alteraciones ni patologías. Se tendrá la máxima agudeza visual (AV) cuando el objeto esté enfocado en la fóvea.

A medida que nos alejamos de la zona foveal la AV disminuirá, debido a la distribución de los fotorreceptores en la retina. Así, para una excentricidad de 5° la agudeza visual pasa a ser de 0.3 y a 30° disminuye por debajo de 0.1, mientras que en fóvea es de la unidad (Figura 2.1).

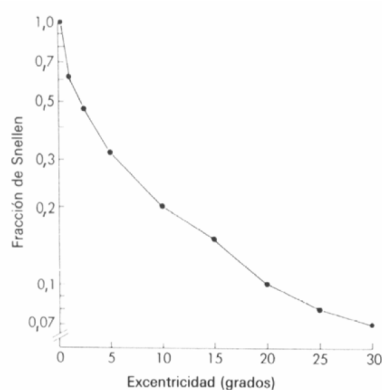


Fig. 2.1. Agudeza visual en función de la excentricidad (Hart, 1994)

- **Agudeza visual estática (AVE)**. Es la medida obtenida cuando tanto el observador como el objeto están en reposo. Es una de las medidas implantadas en los controles visuales para la obtención y renovación del carnet de conducir, aunque sólo es valorada en visión lejana. Sus valores disminuyen al reducir luminancia o contraste.

Como se ha indicado anteriormente, en función de la excentricidad la AVE va disminuyendo. En la figura 2.2, a continuación representada creada por Anstis (1974) se muestra el tamaño mínimo de letra necesario para ser detectado en diferentes posiciones de excentricidad durante la fijación central.

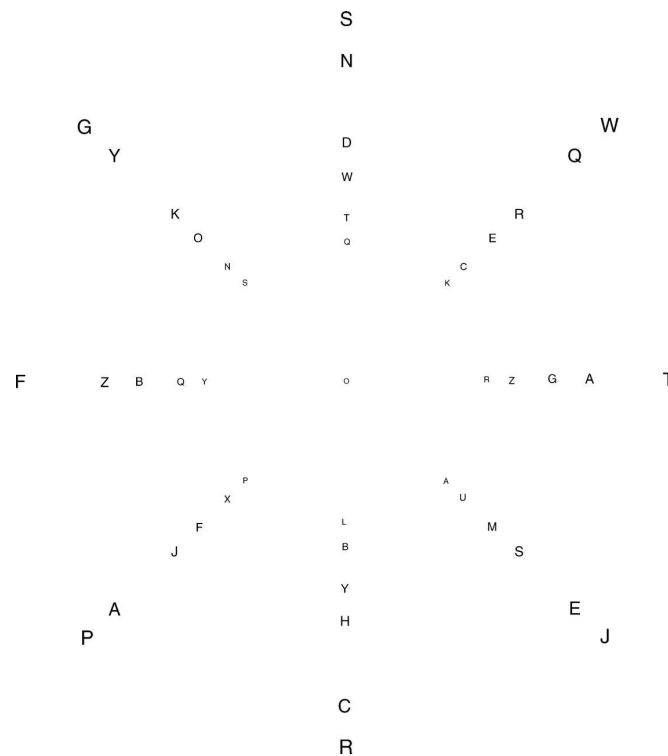


Fig. 2.2. Demostración de la agudeza visual periférica con letras de Anstis (1974). Para obtener el gráfico en tamaño original, debe aumentarse de tal manera que el centro de "R" inferior esté a 66 mm del punto de fijación

- **Agudeza visual dinámica (AVD)**. Consiste en la capacidad de reconocer detalles de un estímulo cuando existe un movimiento relativo entre el observador y el estímulo observado. Se considera más importante en las tareas de conducción, pues permite la detección y el reconocimiento de objetos en movimiento. Además, es una medida que proporciona valores más predictivos de una conducción segura que la AV estática (Chen y McMahan, 2006). Sin embargo, paradójicamente, no es valorada en los exámenes visuales para obtener el carnet de conducir.

Los valores de AVD estarán influenciados por la velocidad del desplazamiento, la luminosidad, el contraste y la edad del observador. Así, mejoran con el aumento de luminancia (Miller, 1958) y del contraste entre estímulo y fondo (Aznar et al, 2005). Miller, además, estableció una

relación paralela entre la velocidad de desplazamiento y la iluminación necesaria para detectar el objeto. Por contra, la AVD disminuye con el aumento de velocidad del estímulo (Ludvig y Miller, 1958), aunque hay discrepancia entre diferentes autores a partir de qué velocidad comienza esta disminución (Brown, 1972; Weissman y Freeburne, 1965), así como con la edad del observador (Wist et al, 2000). Por lo que hace referencia al género, existe una cierta controversia, con varios estudios postulando que los valores de AVD son mayores en hombres (Millsagle, 2004, entre otros), aunque sin indicar las razones de tal superioridad, mientras que otros autores no describen diferencias significativas (Quevedo, 2007).

2.2.1.3. SENSIBILIDAD AL CONTRASTE (CSF)

Valora la capacidad para detectar pequeñas diferencias entre intensidades de gris. Esta prueba nos permite complementar a la agudeza visual para conocer mejor la visión de un individuo, su capacidad para la detección de detalles. Ginsburg y su equipo (1983) mostraron cómo la valoración de la sensibilidad al contraste (SC) y su posible deterioro respecto a los valores de normalidad puede identificar más fácilmente que la convencional medida de AV a sujetos con problemas en su percepción visual, debido a que se corresponde mejor con los modelos de la vida real. Para poder valorar la SC, los tests van reduciendo el contraste de una red sinusoidal, manteniendo su luminancia media constante hasta alcanzar el umbral, es decir, hasta que el observador deja de percibir la separación de las barras de la red. La inversa de este nivel de contraste es la sensibilidad al contraste. La prueba se realiza estudiando diferentes frecuencias espaciales para obtener la función de sensibilidad al contraste o CSF. Los resultados de este test en sujetos normales muestran que el sistema visual actúa como un sistema de filtro pasa-banda, atenuando las frecuencias altas y muy bajas, y alcanzando su máximo de sensibilidad para frecuencias entre 3 y 6 ciclos/grado. En la figura 2.3 se representa gráficamente la curva de sensibilidad al contraste. La línea negra es el nivel de visión en función de las frecuencias espaciales y el contraste, máxima en el punto de 6 ciclos/grado.

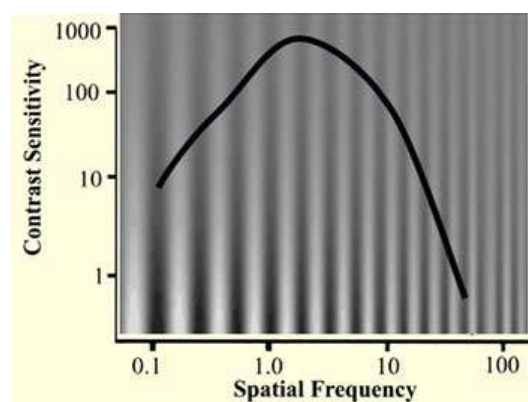


Fig. 2.3. Representación gráfica de la curva de sensibilidad al contraste

En clínica se suelen valorar con cinco frecuencias espaciales: 1.5, 3, 6, 12 y 18 ciclos/grado, que

corresponden, aproximadamente, a las agudezas visuales de 0.05, 0.1, 0.3, 0.6 y 1 (en su mayor valor de contraste).

La CSF tiene sus limitaciones ya que la retina no es un sistema lineal homogéneo. La distribución de fotoreceptores no es igual en toda su superficie y los mecanismos de adaptación a la luz también son diferentes según sea la región de la retina que estudiemos.

Efectivamente, los valores de la CSF pueden variar en función de varios factores. La excentricidad retiniana es uno de ellos: la CSF disminuye a medida que nos alejamos de la mácula. El desenfoque también tiene su papel, observándose que las frecuencias bajas no se ven afectadas por el mismo, mientras que para las frecuencias medias y las altas se registran un descenso de las curvas a medida que se incrementa el desenfoque. Con la edad se suele presentar una pérdida de frecuencias espaciales altas y una reducción general de la sensibilidad como se muestra en la figura 2.4 (Owsley et al, 1983).

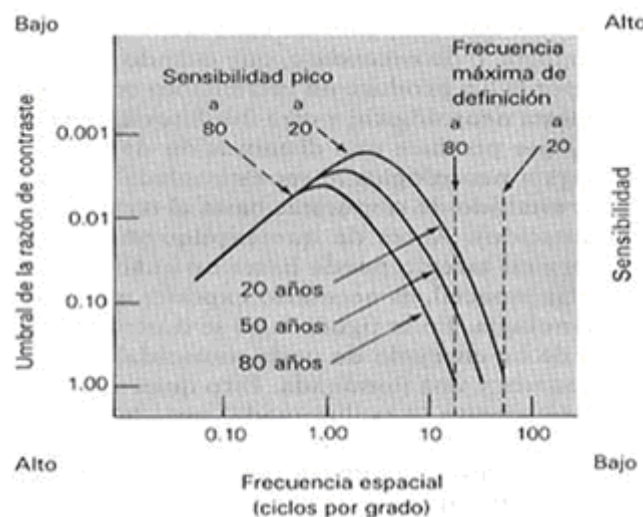


Fig. 2.4. Variación de la curva de SC en función de la edad. Máximo en humanos a los 20 años con una disminución y desplazamiento hacia la izquierda y descenso del ápex

La combinaciones de blanco y negro, y de negro y amarillo, son las que ofrecen mayor contraste al sistema visual, lo que explica el color de las marcas viales. En la conducción, los coches negros en baja iluminación, grises sobre el asfalto o blancos en paisajes nevados pueden presentar dificultad en su detección en casos de una disminución de sensibilidad al contraste del conductor.

2.2.1.4. FUNCIÓN ACOMODATIVA

La acomodación es el mecanismo que varía el poder refractivo del ojo mediante la contracción del músculo ciliar y que nos permite compensar la divergencia de rayos procedentes de objeto cercanos y focalizar la imagen en retina, proporcionando una imagen nítida a las diferentes distancias. En el caso de la conducción, nos permite visualizar con nitidez tanto los elementos fuera del vehículo como los

situados en su interior (espejo retrovisor, indicadores del salpicadero, etc.). En este ámbito es de especial interés la flexibilidad de acomodación ya que la variación ha de ser ágil para que la información se procese de una forma rápida.

2.2.1.5. VISIÓN BINOCULAR

Proporciona una representación real de nuestro entorno mediante una imagen visual única. Nos permite un mayor rendimiento visual (respecto a una visión monocular) porque proporciona una visión en profundidad más eficaz, además de aumentar el campo visual funcional (de este concepto hablaremos más ampliamente en otro apartado).

Actualmente para la conducción profesional (Grupo 2) es un requisito, siendo las AV mínimas permitidas de 0.5/0.8, y no admitiéndose la visión monocular. Para el resto de conductores (Grupo 1), la visión monocular es considerada suficiente (siempre que la AVE sea superior a 0.6).

2.2.1.5.1. FUSIÓN

Primer grado de visión binocular que nos permite coordinar ambos ojos para mantener una visión simple y nítida en cualquier posición de mirada. Cuando hay alteraciones en la fusión se puede producir diplopía, que en el caso de la conducción puede ser peligroso al inducir errores en el cálculo de las distancias y en la localización espacial de los elementos de la vía.

2.2.1.5.2. ESTEREOPSIS

Grado superior de la visión binocular que proporciona la percepción visual del espacio tridimensional, basada en la disparidad retiniana.

2.2.1.5.3. PERCEPCIÓN DE LA PROFUNDIDAD

Habilidad que permite referenciar la distancia a la que se sitúa un objeto y su relación espacial. Es un concepto relacionado tanto con la visión binocular como con la estereopsis, pero no limitado a ellos. Personas con visión monocular pueden utilizar un conjunto de elementos o pistas obtenidos mediante la experiencia para determinar la distancia o la situación de un objeto, aunque su interpretación será más lenta e imprecisa. Estos referentes monoculares serán, entre otros:

- Tamaño aparente: es directamente proporcional a la distancia a la que es percibido un objeto.
- El color y la nitidez de los objetos: con la distancia disminuye su intensidad.
- Las luces y las sombras: ayudan a la interpretación tridimensional de los objetos.
- La superposición de contornos: cuando se observan dos objetos y uno tiene una parte oculta por el otro, se interpreta que éste está más lejos.
- La perspectiva geométrica: dos líneas que se alejan hacia el horizonte tienden a unirse.
- La acomodación monocular: indica también la distancia a la que se sitúa el objeto observado.

- El paralaje del movimiento: cuanto más cerca está un objeto, más rápidamente cambia su dirección respecto a movimiento realizados por el observador.

2.2.1.6. VISIÓN CROMÁTICA

Es la capacidad para distinguir diferentes colores. Se debe a la existencia de tres tipos de conos (fotoreceptores encargados de la visión del color) sensibles al rojo, verde y azul. Las limitaciones en la visión del color no son consideradas como una contraindicación en la conducción, pese a que en los códigos de señales para la circulación tienen una gran importancia, sobretodo en el caso de los semáforos.

2.2.1.7. DESLUMBRAMIENTO Y RECUPERACIÓN. ADAPTACIÓN VISUAL A LA ILUMINACIÓN

Durante el deslumbramiento se dificulta la correcta percepción de la imagen retiniana, disminuye la visibilidad y causa incomodidad. Se produce básicamente durante la conducción nocturna, en las entradas y salidas de túneles y en las situaciones de contraluces. La recuperación del deslumbramiento es el tiempo necesario para que una persona se recupere de sus efectos una vez ha cesado la fuente luminosa o el contraste. El trabajo de Plainis y Murray (2005) estudió la adaptación en retina foveal y periférica a 10°, 20°, 30° y 40° a distintos niveles de luminancia. En su trabajo, los autores concluyen que la sensibilidad retiniana, entendida como la capacidad de percibir el estímulo tras un deslumbramiento, y la velocidad de recuperación de dicha sensibilidad, disminuyen con la excentricidad, tanto en iluminación mesópica de 5 lux como de 0.5 lux. Por otro lado, la sensibilidad retiniana aumenta con el tamaño del objeto en la periferia, pero hay un tamaño crítico por encima del cual la sensibilidad no aumenta más.

Pese a la importancia que tiene en el campo de la seguridad vial, la sensibilidad al deslumbramiento no es un parámetro que se encuentre regulado. Además, actualmente no hay un consenso en el método más indicado para su medición (Matesanz et al, 2006). Esta misma autora, en su Tesis Doctoral (2010), sugiere que los métodos utilizados habitualmente para comprobar la discapacidad visual ante un deslumbramiento no son los más adecuados, ya que valoran pérdidas de sensibilidad visual foveal con deslumbramiento estable, mientras que en la conducción se produce una discapacidad en retina periférica producida por un deslumbramiento transitorio. Además, esta autora indica que el deslumbramiento transitorio produce mayor pérdida de sensibilidad retiniana que el estable, viéndose más pronunciado en retina periférica.

En personas de edad avanzada se produce un retraso en la recuperación de la sensibilidad ante deslumbramientos transitorios con respecto a jóvenes (Higgins, 2005). Cuanto más se ralentiza este proceso, mayor es el tiempo que conductor y demás personas implicadas en la escena están expuestos a una situación de riesgo debido a la consiguiente disminución de visión.

En ambos grupos, en la normativa vigente, no se admiten recuperaciones al deslumbramiento superiores a 50 s.

2.2.1.8. CAMPO VISUAL

Corresponde a la extensión que podemos ver sin realizar ningún movimiento ocular. Al valorar sus límites debemos distinguir entre campo visual (CV) monocular y binocular (González de la Rosa, 1989):

- Campo visual monocular. Sus límites se sitúan aproximadamente en campo temporal 91.5°, 64° en dirección nasal, 55° en superior y 75° en inferior (Figuras 2.5 y 2.6).



Fig. 2.5. Campo visual izquierdo



Fig. 2.6. Campo visual derecho

- Campo visual binocular. La captación simultánea de los objetos por los campos visuales de los dos ojos conduce a una percepción única. Los límites del campo visual binocular quedan definidos por un toroide de base esférica que resulta de la suma de los dos campos monoculares cuyos vértices serían ambas pupilas (Figura 2.7).

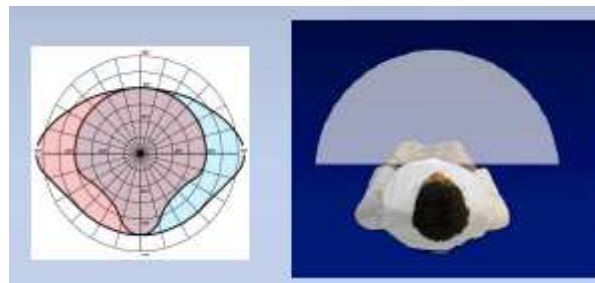


Fig. 2.7. Campo visual binocular

Los requisitos para la conducción en el grupo 1 estipulan que, si la visión es monocular, el CV ha de ser superior a 120° en la horizontal y sin restricciones en los otros meridianos. En el grupo 2 (profesionales) no se admiten restricciones en el campo.

Por otro lado, distinguiremos dos tipos de campos visuales: campo visual central y campo visual periférico. La diferencia entre estos campos viene marcada por los diferentes fotorreceptores que corresponden a sus áreas en retina, conos o bastones, que a su vez determinan diferentes funciones. Así, los conos poseen un umbral de excitabilidad mayor que los bastones y son estimulados por intensidades de luz relativamente elevadas. Por ello son los responsables de la AV y de la discriminación

de los colores, con una iluminación adecuada. Por su lado, los bastones reaccionan a iluminación de baja intensidad y sirven para la visión crepuscular y nocturna.

Paralelamente, la distribución en retina de dichos fotorreceptores es desigual. En fóvea solo encontramos conos. En cambio, en la retina periférica, el número de conos disminuye drásticamente a valores de entre 4.000 y 5.000 por mm^2 . Además, se produce una disminución también de su tamaño. Los conos en la fóvea tienen un tamaño de unas 38 micras mientras que los encontrados en la retina periférica disminuyen hasta unas 6.5 micras. Por contrapartida, los bastones van aumentando en número de manera progresiva hasta alcanzar un valor de 30.000 a 40.000 por mm^2 en la periferia más extrema (Figura 2.8).

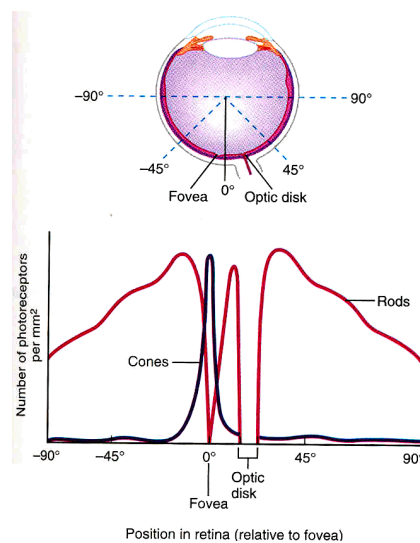


Fig. 2.8. Distribución la densidad de conos y bastones distribuidos en retina en función de la excentricidad.

Basado en el esquema de Osterberg (1935)

Si tenemos en cuenta estas dos variables, encontramos que la sensibilidad retiniana varía según el grado de excentricidad en relación al punto de fijación y según el nivel de luminancia de las condiciones de la exploración. Por ello, en exploraciones en las que se valore la sensibilidad en distintas zonas del campo visual se ha de tener en cuenta este factor: en condiciones fotópicas valoraremos los conos, en escotópicas bastones y en mesópicas a ambos (Figura 2.9).

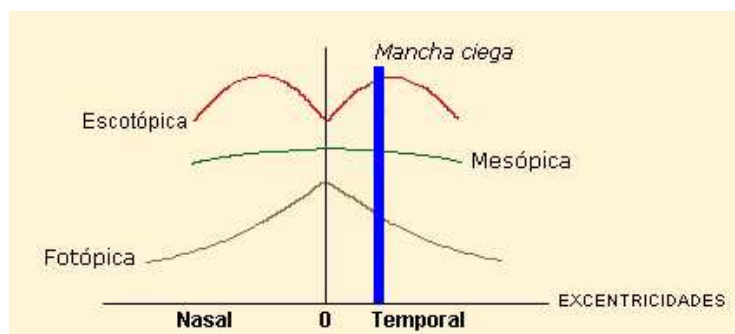


Fig. 2.9. Variación del umbral diferencial representado mediante una curva de gradientes

Basándonos en las características descritas es interesante diferenciar entre:

- **Campo visual central.** Zona caracterizada por máxima agudeza visual, sensibilidad al contraste y sentido cromático exacto. Corresponde a una zona muy reducida conocida como mácula. La mayor efectividad de agudeza visual se da en la fóvea, donde hay una elevada concentración de conos y no existen bastones.
- **Campo visual periférico.** La retina periférica es especialmente sensible al desplazamiento y tiene como función más característica la detección del movimiento. También está relacionada con la coordinación visomotora, la postura y la locomoción en el espacio (Quevedo, 2007). En esta área encontramos la denominada visión periférica, descrita como la habilidad de localizar, reconocer y responder a la información en las diferentes áreas del campo visual alrededor del objeto sobre el que se fija la atención.

La visión periférica se desarrolla a lo largo de la vida. Los niños hasta los 6-7 años poseen lo que se denomina visión tubular, su campo visual es muy estrecho y no son capaces de captar los estímulos más periféricos. La visión periférica se ha descrito como una capacidad entrenable (Knudson y Kluka, 1997) que depende en gran medida de la estimulación que reciba una persona y de las actividades que realice habitualmente en su vida cotidiana. Por ello, cobra especial importancia durante el crecimiento la realización de actividades que puedan potenciar este entrenamiento, como puede suceder en la práctica de diferentes deportes de equipo que, además de desarrollar coordinación y otras habilidades físicas, también influyan en un desarrollo visual. Cuando hablamos de la conducción, una mayor sensibilidad puede suponer una anticipación a una situación de riesgo y potencialmente peligrosa.

La capacidad de percibir estímulos en las diferentes zonas de la visión periférica es muy diferente en cada persona. A su vez, dentro de un mismo individuo también se encuentran variaciones ante diferencias cromáticas o de situación del estímulo y de la velocidad de desplazamiento.

- Estudios de Sainz de la Torre et al (1999) demostraron que estímulos de color blanco o amarillo son los más fáciles de distinguir frente al verde, que es el que alcanza peores resultados.
- Los estímulos situados en distancias más cercanas son más difíciles de percibir.
- Otra de las características de la percepción de estímulos en el campo visual periférico es el movimiento: como ya se ha descrito, los bastones responden antes al movimiento que a cualquier otra característica del estímulo. Podemos captar un movimiento sin distinguir de qué color se trata. Existe, por lo tanto, una zona de indiferencia cromática y la detección del color se sitúa en zonas del campo visual periférico no tan excéntricas.

2.3. APRENDER A CONDUCIR

Aprender a conducir implica aprender a explorar visualmente el entorno en el que se conduce, con el objetivo de detectar e identificar con rapidez y precisión los eventos potencialmente relevantes (McKenna y Crick, 1994) que se encuentren en el campo atencional visual primario. Éste fue definido por Egea (2000) como el que se extiende desde unos pocos metros por delante del vehículo hasta unos centenares de metros más allá.

Los estudios en este ámbito se centran en averiguar qué variables influyen en el rendimiento de la conducción, con la finalidad de disminuir el número de accidentes de tráfico. Uno de los temas analizados son los cambios que se producen en el aprendizaje de esta tarea, desde que el conductor se está iniciando hasta que se convierte en un conductor experimentado. Así, se ha documentado que los conductores noveles, (Cooper, 1995) independientemente de su edad, junto a las personas de edad avanzada, se ven más frecuentemente implicados en accidentes de tráfico (Verdú, 2006).

Si nos centramos en los cambios producidos en el ámbito visual, uno de los campos investigados es el de las diferencias encontradas en la exploración visual y los movimientos oculares entre conductores noveles y experimentados. A continuación, revisaremos cada uno de estos aspectos. Pese a que nuestro estudio se centra en visión periférica, estos conceptos están sumamente relacionados y no podemos separar un proceso del otro: cuando no alcanzamos a ver algo con nuestro campo visual periférico funcional, o si necesitamos una mayor definición, cambiamos el punto de fijación, por lo que también es básico conocer los procesos que se dan al respecto.

2.3.1. EXPLORACIÓN VISUAL

Uno de los factores que se ha documentado como responsable de numerosos siniestros son las deficientes estrategias de exploración visual para anticiparse a posibles riesgos en la situación de tráfico. Uno de los primeros trabajos para investigar el comportamiento ocular exploratorio durante la conducción en entorno real fue el realizado por Mourant y Rockwell (1972). En él llegaron a dos conclusiones: Por un lado, los conductores con más experiencia utilizaban patrones de exploración visual en el eje horizontal más amplios que los de los aspirantes al permiso. Y por otro, contrario a lo esperado, la exploración visual de los aprendices parecía menos amplia cuanto más avanzado estaba el curso de conducción. Este dato no era muy alentador, ya que implicaba que durante la formación no se conseguía enseñar las estrategias de exploración visual indicadas para esta tarea. Otro dato interesante extraído de este mismo estudio fue que los estudiantes tendían a dirigir más fijaciones oculares hacia la derecha y hacia las zonas más próximas a la parte frontal de su vehículo que los experimentados. En cambio, en comparación con estos últimos, los aprendices dirigían muy pocas fijaciones al espejo retrovisor interior y, muchas menos y muy breves, al exterior izquierdo. Todos estos datos nos dejan un

esquema bastante claro de cómo es la exploración visual en los aprendices y hacia dónde evolucionan en el aprendizaje: Los conductores inexpertos limitan las estrategias de exploración visual casi en exclusiva a la obtención de información para seguir la trayectoria y, por lo tanto, podrían fallar en la detección de eventos relevantes que ocurrieran fuera del marco de la exploración realizada. Posteriores estudios más rigurosos (Hills, 1980; Ranney, 1994; Berthelon et al, 1996; Gregersen y Bjurulf, 1996; Liu et al, 1998) han validado dicho trabajo.

2.3.2. DURACIÓN Y UBICACIÓN DE LAS FIJACIONES OCULARES

La variabilidad de la duración de las fijaciones que se producen sobre distintas zonas de una escena visual puede ser relativamente grande, pero pueden existir ciertos condicionantes. Tanto las características visuales como el significado de la información de la zona de la escena sobre la que se produce una fijación concreta influyen en la duración de esta (Henderson y Hollingworth, 1998). Así, una fijación dura más cuando se degrada la calidad visual de la imagen, como podría suceder en un contexto de lluvia. De la misma manera, la duración total de las fijaciones dirigidas a una zona es mayor cuando se trata de objetos de alta significación en la escena. Por ello, la duración de estas fijaciones oculares está considerada como un indicador de carga de procesamiento de la información que tienen los conductores, en función del nivel de complejidad que supone una determinada escena (Konstantopoulos et al, 2010).

Los resultados de los estudios existentes en la literatura son contradictorios al comparar el tiempo invertido en las fijaciones oculares entre conductores noveles y experimentados. Algunos estudios describen cómo las fijaciones visuales más breves se daban en los conductores con menos experiencia (Carter y Laya, 1998; Dishart y Land, 1998; Seya y Nakayasu, 2008; Unema y Rötting 1990); otros observan que los conductores noveles realizaban fijaciones más largas (Laya, 1992; Crundall et al, 1999; Konstantopoulos et al, 2010); e incluso en algún estudio no se encontraron diferencias según la experiencia (Huestegge et al, 2010). Esta disparidad se debe a que las situaciones del tráfico presentadas implicaban diferentes niveles de complejidad de la escena, lo que no permitía su comparación, dato que parece ser la clave de las diferencias entre ambos grupos. Así, en el estudio realizado por Crundall y Underwood (1998), sí se encontraron resultados estadísticamente significativos y más concluyentes al respecto. Los autores documentan que la duración media de las fijaciones oculares varía en diferentes entornos de tráfico de forma distinta entre noveles y experimentados. La experiencia parece afectar a la complejidad percibida en la situación de tráfico. Los principiantes tienden a realizar las fijaciones relativamente más largas cuando conducen por un entorno que les resulta difícil (carretera de doble carril), forzados por la necesidad de disponer de más tiempo para procesar la información visual que reciben, mientras que los conductores con experiencia tienden a realizar las fijaciones relativamente más largas cuando conducen por un entorno que les resulta más bien fácil (carretera rural) y en cambio, tienden a acortarlas en entornos más complejos (carretera urbana y de

doble carril), con el fin de extraer información visual a partir de un número mayor de posiciones de la escena.

Otro aspecto a valorar sería la variabilidad de las posiciones de las fijaciones oculares en el eje horizontal y en el eje vertical. Éstas indican la amplitud de la exploración sobre la escena visual. Las fijaciones visuales no suelen distribuirse espacialmente de forma proporcional, ya que hay zonas de la escena que reciben mayor número de fijaciones que otras, o de mayor duración, por lo que se considera que suelen contener una alta carga informativa para la tarea que se está realizando (Henderson y Hollingworth, 1999).

Por ello, la ventana de exploración visual mientras se conduce un vehículo tiende a ser rectangular, debido a que la mayoría de los eventos relevantes que pueden ocurrir en una situación de conducción se producen en el eje horizontal (Recarte et al, 1998). En general, la ventana de exploración visual se estrecha tanto cuando se incrementa la complejidad de la situación de tráfico (Recarte et al, 1998; Crundall y Underwood, 1998) como cuando se realiza una tarea mental irrelevante para la conducción. En este último caso, el tipo de vía es independiente (Recarte et al, 1998; Recarte y Nunes, 2000), se produce tanto en el eje vertical como en el horizontal y es mayor cuando la tarea mental simultánea externa a la conducción demanda procesamiento de imágenes visuales que cuando demanda procesamiento verbal.

Posteriormente, Recarte y Nunes (2003) añaden que la actividad mental durante la conducción podría afectar a procesos tales como detección, identificación y selección de la respuesta.

Crundall y Underwood (1998) observaron cómo en función de la experiencia cambiaban los patrones de amplitud en la exploración visual. En su trabajo observaron que los conductores experimentados tenían una significativamente mayor variabilidad en las posiciones de las fijaciones oculares en el eje horizontal en condiciones de conducción de mayor complejidad (carretera de doble carril) frente a otras vías menos exigentes. En cambio, en el grupo de conductores noveles no se apreciaron diferencias en función del grado de dificultad de la vía porque utilizaban una estrategia de búsqueda de información visual similar en las diferentes situaciones de tráfico.

Otro punto de estudio han sido las diferencias entre la duración y frecuencia de las fijaciones que realizan ambos grupos hacia elementos relevantes o irrelevantes de la vía. Se han considerado elementos relevantes los otros vehículos, los peatones, la calzada y sus límites, las señales de tráfico, los espejos retrovisores y los indicadores que informan acerca del estado del vehículo. Por ejemplo, las investigaciones realizadas por Miltenburg y Kuiken (1990) indicaron que los conductores con experiencia media se fijaban en los objetos relevantes antes y durante más ocasiones que los noveles, los que tenían poca experiencia y los conductores con gran experiencia. En cambio, los conductores con poca o media experiencia se fijaban antes en los objetos irrelevantes, si bien las fijaciones más largas en objetos

irrelevantes correspondieron al grupo de conductores con gran experiencia. Los estudios de Wikman y colaboradores (1998) no encontraron diferencias en la duración media de fijaciones a objetos irrelevantes situados en el interior del vehículo, entre diferentes grupos de experiencia, pero sí encontraron un mayor porcentaje de sujetos inexpertos que realizaban fijaciones de larga duración a esos objetos. Otros estudios que han valorado este campo han sido los de Falkmer & Gregersen, 2005; Konstantopoulos et al, 2010; Underwood et al, 2003 y Underwood et al, 2002. En un reciente estudio de Gómez-Valadés y colaboradores (2013) se realizó un análisis del número, tiempo y localización de las fijaciones visuales durante una simulación de conducción. Los resultados mostraron cómo los conductores expertos presentaban un mayor tiempo de fijación cuando no se tenía en cuenta la localización de la fijación visual, y un mayor número y tiempo de fijación en estímulos relevantes para la conducción. El grupo inexperto presentaba un número y tiempo de fijaciones superior en localizaciones poco relevantes para la conducción. Otro elemento que se incorporó en este estudio fue una respuesta verbal al finalizar cada ensayo, pero no se encontraron diferencias entre grupos de conductores en la precisión de sus respuestas verbales, ni una relación entre las variables perceptivas y la precisión de sus respuestas.

Cuando hablamos del seguimiento de una trayectoria y las fijaciones implicadas en este proceso, éstas varían en función del trazado de la vía. Al conducir en un tramo básicamente rectilíneo, una gran parte de las fijaciones oculares tiende a acumularse en la zona de la calzada correspondiente al foco de expansión, mientras que a lo largo de una curva se incrementan las fijaciones sobre el punto de la línea de visión que es tangencial al interior de la curva y también sobre zonas de la calzada más próximas al vehículo. Al fijar la mirada sobre el denominado punto tangente se obtiene información sobre el grado de curvatura de la vía, lo que permite ajustar adecuadamente la dirección del vehículo, sin perder de vista la carretera y los posibles eventos que puedan aparecer súbitamente (Land y Furneaux, 1997). Esta estrategia visual, que en teoría debería ser así en toda conducción, en el caso de inexpertos no se cumple totalmente, y se observan diferencias significativas respecto a los conductores experimentados. Como ya se ha reseñado anteriormente, Mourant y Rockwell (1972) encontraron que los conductores inexpertos dirigían más fijaciones oculares hacia la parte derecha y hacia las zonas más próximas a la parte frontal de su vehículo. Carter y Laya (1998), a su vez, documentaron que los conductores experimentados tendían a realizar fijaciones oculares más largas que los noveles en el foco de expansión y en el lado izquierdo de la carretera. Cohen y Studach (1977) estudiaron los patrones de exploración visual en un trazado de vía curvo, observando diferentes patrones en los conductores experimentados en función de la dirección de la curva: Estos tendían a realizar fijaciones más largas y movimientos sacádicos más amplios en el eje horizontal cuando se trataba de una curva a la izquierda. En curvas hacia la derecha, por el contrario, las fijaciones oculares se centraban sobretudo en la línea blanca que delimita el lado derecho de la calzada y eran más esporádicas para la parte izquierda, mientras que en las curvas a la izquierda todas las partes recibían fijaciones oculares por igual. En cambio, en los

conductores inexpertos no se observó ningún patrón y tampoco parecían diferir en función del tipo de curva.

Igualmente, y como se ha expuesto anteriormente, Mourant y Rockwell (1972) ya indicaron que los principiantes dirigían muy pocas fijaciones al espejo retrovisor interior y menos aún, y muy breves, al exterior izquierdo. A la hora de valorar la conducta exploratoria durante la realización de maniobras (giro, cruce de intersecciones o cambio de carril) Velde Harnsenhorst y Lourens (1991) señalaron que los conductores noveles presentaban un mayor déficit a la hora de comprobar visualmente el lado derecho mientras realizaban maniobras de giro. Por otro lado, Underwood y colaboradores (2002) hallaron que los conductores experimentados utilizaban más el retrovisor externo que el interno en el cambio de carril, mientras que los noveles los usaban por igual. Además, los experimentados miraban durante más tiempo que los noveles al retrovisor externo mientras realizaban la maniobra.

El conjunto de estos trabajos, aunque no los podemos asumir como verdades absolutas porque algunos son únicos o engloban condiciones muy concretas, muestran la existencia de diferentes estrategias de exploración visual entre conductores experimentados y noveles, lo que puede explicar la ineficaz percepción del entorno que poseen los conductores inexpertos. Tejero et al (2004), en su extensa revisión, detallaron que las variables que mejor discriminan a ambos colectivos de conductores son el tiempo de fijación visual, así como la mayor flexibilidad que poseen los conductores expertos en obtener información relevante para las situaciones cambiantes de conducción.

2.4. CONDUCCIÓN Y VISIÓN PERIFÉRICA

En la conducción la visión periférica es fundamental: Permite que detectemos rápidamente información relevante que se encuentra distante de las zonas más próximas al punto en que fijamos la mirada en un momento dado. Esa información sirve como guía para la realización de movimientos oculares que consigan enfocar nuestros ojos sobre la zona que reclama nuestra atención.

Una de los factores observados que influyen en la capacidad de percibir estímulos en visión periférica es la velocidad del desplazamiento del fondo sobre el que se proyectan dichos estímulos, lo que se traduce en velocidad de desplazamiento del sujeto, durante la conducción. A mayor velocidad de desplazamiento del sujeto, el campo visual se reduce. El efecto que se produce se puede observar el esquema de la figura 2.10.



Conduciendo a 40 km/h, el ángulo de visión se sitúa en 100°. Fácil detección de objetos situados fuera de los márgenes de la carretera.

A 70 Km/h, el ángulo se reduce a 75°.

A 100 Km/h el campo visual pasa a ser de 45°. Percepción única de elementos muy cercanos a la calzada o en el carril anexo.

A 130 km/h se reduce el ángulo de visión a 30° y quedan fuera de la vista del conductor detalles del entorno de la vía importantes para la seguridad.

Fig. 2.10. Disminución el ángulo de visión en función de la velocidad de conducción

2.4.1. CAMPO ÚTIL DE VISIÓN (UFOV)

Cuando hablamos de la exploración visual durante la conducción es necesario hacer referencia tanto a la visión central como a la periférica. Autores como Rantanen y Goldberg (1999) y Van Diepen et al (1998) indican que es posible la detección de estímulos en el campo periférico en términos generales, pero su identificación y categorización sólo será posible cuando éstos aparezcan en el campo visual útil o funcional. Dicho campo visual útil se ubica en el eje foveal y parte de la parafóvea. Findlay y Gilchrist (1998) expusieron que cuando un evento u objeto es detectado fuera de dicho campo visual útil se producirá un cambio de fijación para poder realizar un reconocimiento específico, algo por otro lado totalmente lógico.

El concepto de Campo útil de visión (UFOV) está relacionado con la influencias cognitivas sobre las estrategias de exploración visual, la influencia de las expectativas en el patrón de movimientos oculares. Gracias a las expectativas derivadas de la experiencia, los conductores pueden prescindir de analizar una gran parte de la estimulación y acelerar la búsqueda visual.

Actualmente existe un software disponible en el mercado denominado test UFOV (Conciencia Visual, Inc, Chicago, IL, EE.UU. 2001). Consiste en un conjunto de pruebas que valora la atención visual (Figura 2.11) que se diferencia de las pruebas optométricas estándares en que mide:

- La velocidad de procesamiento central en la que se interpreta la información visual (un componente clave en la determinación de la capacidad de conducción),
- La atención dividida y,
- La capacidad de discriminación periférica o atención selectiva.

La prueba expresa el UFOV del paciente como un porcentaje de reducción del ideal, indicado como categoría de riesgo individual, donde el 0 corresponde al riesgo más bajo y el mejor rendimiento y el 5 corresponde al mayor riesgo y peor rendimiento. Actualmente, la prueba UFOV ha ganado cierto prestigio como una herramienta útil en la evaluación de las necesidades visuales de atención en la conducción.

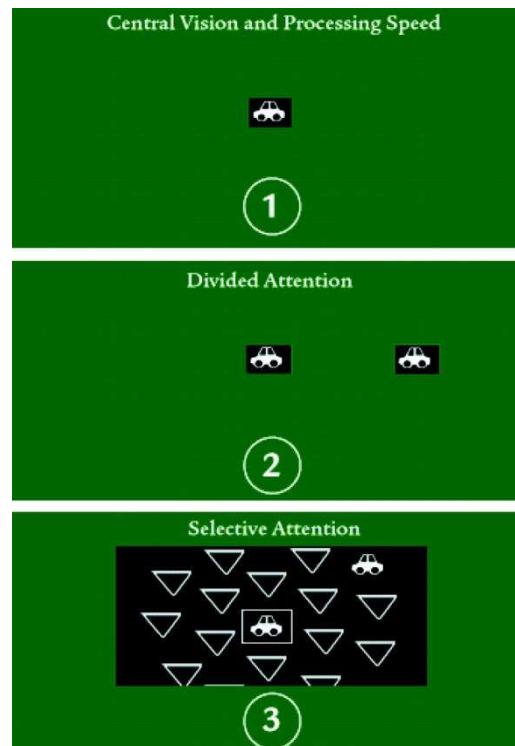


Fig. 2.11. Test UFOV

2.4.2. ATENCIÓN DIVIDIDA

Durante la conducción es habitual tener que prestar atención a diferentes fuentes de información simultáneamente. Si nos centramos únicamente en la información visual, es fácil tener la atención dividida (para controlar la trayectoria, las señales de tráfico, otros coches de la vía, etc.). Para poder examinar todos estos elementos visualmente empleamos tanto las imágenes que están en visión central como las situadas en periférica. En ocasiones la atención puede desplazarse al campo visual periférico sin realizar un cambio de fijación.

Neisser y Becklen (1975) documentaron cómo el hecho de tener la atención dividida en diferentes informaciones visuales puede crear interferencias entre ellas. Igualmente, pero con un efecto menor, se producen interferencias cuando la información llega por diferentes modalidades sensoriales. Wickens (1998) destacó que los recursos generales (inter-modales) causan menos interferencia en una tarea dual

que los intra-modales o específicos. Estas afirmaciones se corresponden con la teoría de los recursos múltiples y, a su vez, podrían estar relacionados con los estudios de Miura (1990) y posteriormente Nunes (responsable del programa Argos de la DGT). Estos autores demostraron cómo un aumento en las demandas ambientales (un aumento en la complejidad en el tráfico, ciertas actividades mentales, etc.) provocaba un estrechamiento del campo visual útil, lo que conducía a un aumento de movimientos oculares hacia la zona de la periferia en la que aparecían los eventos que se debían detectar.

2.4.3. CONTROL DE LA TRAYECTORIA

Cuando se evalúa el control de la trayectoria en línea recta, las fijaciones, como ya hemos indicado anteriormente, se concentran alrededor del centro de expansión de la carretera. Además, estas fijaciones, si no interfieren otras informaciones adicionales, son generalmente largas (800-1000 ms), comparadas con las que se realizan a los bordes de la carretera, que son escasas y cortas (alrededor de 350 ms). Esto nos indicaría que la visión periférica está colaborando muy activamente en la conducción, ya que estaría encargada de mantener fijos en el campo visual los bordes de la carretera (Shinar, 1977). Así, en el momento que se produzca un desplazamiento lateral y las líneas se desplacen de la zona fijada, se produciría un refinamiento de la trayectoria (Gordon, 1966). Neboit (1981) investigó las aportaciones de la visión periférica a la central y afirmó que las fijaciones en el centro de expansión no se producían para obtener un índice perceptivo en este punto, sino para el posicionamiento de la visión central en relación a la información deducida de la periférica. Estos estudios muestran una gran importancia de la visión periférica en la conducción, que no encontramos en otras tareas cotidianas.

Una hipótesis muy interesante sobre el desarrollo de la visión periférica y la conducción fue la planteada por Mourant y Rockwell (1972). Estos autores sugirieron que la experiencia en la conducción contribuye a desarrollar la capacidad para controlar la trayectoria del vehículo mediante la visión periférica. Concretamente sugerían que los conductores inexpertos tendrían dificultades para seguir la trayectoria de su vehículo si no fijaban la mirada sobre la carretera, mientras que los conductores experimentados podrían seguirla sin mirarla continuamente gracias a su visión periférica. Esta capacidad permitiría a los conductores experimentados poder fijar su atención en otros elementos relevantes de la escena y, por lo tanto, reaccionar antes ante situaciones inesperadas de la conducción. La hipótesis no fue confirmada en ese mismo estudio pero sí posteriormente por Summala (1998) y Summala et al (1996). Las investigaciones propuestas en estos estudios consistían en valorar la capacidad de diferentes grupos de conductores, noveles y experimentados, para controlar con su visión periférica la trayectoria del vehículo mientras miraban un dispositivo colocado en su interior. Este dispositivo presentaba unos dígitos con los que tenían que realizar ciertas tareas, una de las cuales era, por ejemplo, nombrar un cierto dígito cuando aparecía en la pantalla. Además, se valoraron diferentes grados de dificultad, situando el dispositivo más o menos alejado de la línea de mirada, concretamente en tres posiciones distintas: justo encima del panel de indicadores, en el lugar correspondiente al indicador de velocidad y

sobre la parte media del tablero de mandos centrales, donde suelen encontrarse los equipos de música habitualmente. Los resultados mostraron, por un lado, que cuanto más alejado de la línea de visión estaba el dispositivo peor era la ejecución de la tarea y, por otro, que cuanto mayor experiencia tenía el conductor más alejado tenía que situarse el dispositivo para apreciarse un deterioro en la realización de la tarea. Dos de los tres experimentos realizados mostraron diferencias significativas entre los diferentes grupos de experiencia. Los autores justificaron estos hallazgos por modificaciones en el trazado de la trayectoria y el tiempo de ejecución del estudio, pero un dato interesante no es analizado. Las edades de los participantes de los dos primeros experimentos eran muy similares (19 a 22 años), mientras que el tercer estudio amplió mucho más la franja de edad (21 a 49 años), lo que plantea la duda de si esta variable puede ser la causante de la diferencia respecto a los anteriores.

El estudio de Crundall y colaboradores (1999) buscaba dos objetivos: conocer las características de la exploración visual ante elementos potencialmente peligrosos de sujetos con diferente experiencia y valorar si la acumulación de experiencia consigue ampliar el campo visual funcional del conductor. Para valorarlo se diseñó una situación experimental que unía una tarea principal (observación de una secuencia de tráfico donde se debía detectar elementos potencialmente peligrosos) y otra secundaria (en la cual se debía pulsar un botón cuando se detectara una señal luminosa en la zona periférica). El porcentaje de señales detectadas correctamente fue significativamente inferior en los sujetos que todavía no habían aprendido a conducir, en comparación con los experimentados. Además, los sujetos que no sabían conducir fueron más lentos que los conductores noveles y que los experimentados en la detección de las señales.

En un estudio más reciente de Patten et al (2006) se utilizó como tarea secundaria la detección periférica de ciertos estímulos visuales para comparar la carga cognitiva para diferentes grupos de experiencia. Los resultados mostraron cómo los conductores con mayor formación eran capaces de automatizar la tarea de conducir más eficazmente, por lo que tenían tiempos de reacción menores. Dichos autores sugirieron que una mayor experiencia podía proporcionar ahorro de recursos de atención y, en consecuencia, mayor capacidad para responder a nuevas situaciones del tráfico.

2.4.4. TIEMPO DE REACCIÓN (TR)

Otro elemento a tener en cuenta en la diferenciación entre conductores es la capacidad de reaccionar ante eventos inesperados y peligrosos. El tiempo de reacción es una medida compleja que estima el tiempo necesario para responder ante un estímulo, teniendo en cuenta el tiempo de procesamiento y el de decisión. Muestra una gran variabilidad intra y entre individuos. Sin embargo, hay algunos factores que tienen efectos pequeños pero sistemáticos como la edad, la excentricidad, la luminosidad, el tamaño y la duración del estímulo, la visión monocular/binocular y el lado (temporal vs nasal) (Teichner y Krebs, 1972; Schiefer et al, 2001).

Plainis y Murray (2002) establecieron una relación entre el tiempo de reacción y el contraste, la frecuencia espacial y la luminancia, concluyendo que dicho tiempo es mayor cuando estos parámetros son bajos, y que además aumenta considerablemente en retina periférica cercana. Por su parte, Osaka (1976, 1978) estudió el tiempo de reacción visual en los meridianos horizontal nasal y temporal de la fovea hasta 50° de excentricidad usando cuatro tamaños de estímulo, entre 0.3° y 1.9° (luminancia 8.5 cd/m²). Sus resultados confirmaron la superioridad de la zona nasal sobre la temporal en tiempo de reacción, en cualquier excentricidad retiniana, y encontraron un aumento constante con la excentricidad, en un rango de entre 1.08 ms/grado y 1.56 ms/grado en el temporal y 0.84 ms/grado y 1.42 ms/grado en el nasal. Más recientemente, Schiefer et al (2001), con un grupo de edad homogénea, y Poggel et al (2012), con un grupo heterogéneo (entre 10 y 90 años, con una edad media de 47.8 años), hallaron resultados similares. Un dato curioso del estudio de Schiefer et al (2001), que confirma la gran variabilidad intrasujetos, fue que la excentricidad representó el 6% de la varianza total, por detrás del factor sujeto, que representó el 13%.

En estudios relacionados con la conducción, Hosking et al (2010) concluyeron que los motociclistas con más experiencia reaccionaban antes a los estímulos, y tenían un patrón de búsqueda visual más flexible que los conductores con menos experiencia. Huestegge et al (2010), por su parte, encontraron que los conductores experimentados reaccionaban más rápidamente ante un evento peligroso.

2.4.5. CAMBIOS ESTRUCTURALES CEREBRALES DEBIDOS A LA EXPERIENCIA EN LA CONDUCCIÓN

Un último punto considerado interesante es la observación de los cambios estructurales del cerebro de las personas con extensa experiencia en la conducción. Un estudio de Maguire y colaboradores (2000) comparó un grupo de taxistas de Londres con un grupo control que no conducían taxis. Estos autores encontraron un desarrollo significativamente mayor del hipocampo posterior cerebral de los taxistas. El volumen iba en función del tiempo en la conducción del taxi, de la experiencia. Posteriormente Maguire, al frente de otro equipo de investigadores (2006) quiso investigar las diferencias entre taxistas y conductores de autobuses. En este caso, encontraron que el grupo de taxistas tenían un mayor volumen de materia gris en el hipocampo medio posterior y menor volumen del hipocampo anterior, y que además, evolucionaban hacia esta diferenciación en función de la experiencia, mientras que no sucedía lo mismo en el otro grupo. Se consideró que esta evolución venía dada por el grado de exigencia. En el caso de los conductores de autobús, los recorridos están establecidos y no requieren un mayor conocimiento espacial, como sucede con los taxistas. Esta área cerebral que se desarrolla en los taxistas es la responsable de almacenar una representación espacial del entorno y puede expandirse regionalmente en personas con elevada actividad en dicho sector.

Ante los estudios revisados, podemos pensar que la experiencia parece ampliar el campo visual funcional del conductor, la rapidez para detectar eventos inesperados en la escena de tráfico, aumentar áreas cerebrales donde se almacenan informaciones relevantes, etc. Sería interesante indagar más en estas cuestiones para conocer mejor cuáles son los procesos que se producen.

3. OBJETIVO Y HIPÓTESIS

La conducción, tanto de vehículos a motor como de bicicletas, es una actividad cotidiana compleja que implica mecanismos sensoriales, perceptuales, cognitivos y psicológicos. La mayor parte de la información captada procede de la visión, englobando numerosas habilidades visuales en el proceso. Una de dichas habilidades visuales es la visión periférica, que en la conducción cobra gran importancia.

El objetivo principal es estudiar las habilidades visuales periféricas implicadas en la conducción: agudeza visual, sensibilidad al contraste y la extensión del campo visual en diferentes meridianos. Como objetivo secundario se valorará la capacidad de detección de estímulos en visión periférica de diferentes complejidades mientras se plantea una tarea principal en visión central. Para ello se idea una prueba multitarea que intenta simular una situación con división atencional similar a la conducción.

La hipótesis que plantea este trabajo de final de máster describe cómo una tarea que implica ciertas habilidades, en este caso en visión periférica, puede inducir a un desarrollo de la misma. Se pretende valorar cómo la conducción en vías urbanas, donde suele haber una mayor demanda atencional y elementos implicados, podría inducir el desarrollo de mayores habilidades en la visión periférica, tanto en un aumento en la extensión del campo visual, como en la capacidad de detectar estímulos periféricos y su adecuada respuesta. Para ello se comparan un grupo de conductores profesionales (taxistas y conductores de autobús) frente a un grupo formado por no conductores o conductores eventuales.

4. MATERIAL Y METODOLOGÍA

4.1. MUESTRA

Se reclutaron 24 sujetos de raza caucásica divididos en dos grupos: 12 para el grupo I (profesionales de la conducción) y 12 más para el grupo II (no conductores o conductores eventuales). Para la selección de la muestra se siguieron los siguientes criterios:

- Grupo I (Grupo experimental).
 - Profesionales de la conducción en activo con un mínimo de 5 años de actividad (oscilaban entre 6 y 35 años y la media era de 18.2 años) y ejerciendo en la actualidad.
 - Conducción básicamente en ámbito urbano, mayor o igual a un 80%. La media era de 99.2%
 - Mínimo de conducción semanal de 30 horas. Los valores oscilaban entre 35 y 70 horas, con una media de 48.50 h.

En base a esto se seleccionaron conductores de taxi y autobuses urbanos, excluyendo de la muestra a camioneros y demás profesionales donde la conducción principalmente se desarrolla en autopista y carretera. Esta diferenciación se hace para intentar conseguir una muestra lo más homogénea posible al considerar que no se ejercita tan intensamente la visión periférica en vías no urbanas, puesto que normalmente en estas circunstancias los conductores no están expuestos a una densidad tan elevada de tráfico y otros elementos de la vía que exijan tanta atención dividida. Este grupo estuvo formado por 11 hombres y 1 mujer cuyas edades oscilaban entre los 31 y los 64 años con una mediana de edad de 46 años.

- Grupo II (Grupo control).
 - Individuos que conducen eventualmente sin superar las 10 horas semanales o individuos sin carnet, donde un 90% no superaban las 4 horas mensuales.

Este grupo estuvo formado por 9 mujeres y 3 hombres de edades comprendidas entre los 28 y los 51 años y mediana de 33.5 años.

Se excluyeron del estudio personas con AV inferior a 0.9 monocularmente con la corrección habitual, aquéllas que presentasen alguna patología relacionadas con el campo visual y las que mostraron problemas de fijación. Adicionalmente, un requisito que no se planteó en un primer momento, pero se

consideró interesante tener en cuenta después de realizar la prueba piloto del estudio, fue la eliminación de participantes con corrección óptica en gafa que sin ella no superaran AV monocular de 0.9 y que no pudieran adaptarse a lentes de contacto. La razón de esta exclusión radicó en la valoración de que en algunas pruebas el uso de gafa constituía un elemento limitante que falseaba los resultados.

4.2. METODOLOGÍA

El estudio se dividió en tres apartados que se realizaban en una única sesión (de una hora y media aproximadamente) y siempre en el mismo orden para que el factor aprendizaje que existe en ciertas pruebas afectara por igual a todos los participantes. Se hizo una valoración del campo visual periférico tanto en “cantidad” (extensión) como en “calidad” (sensibilidad).

4.2.1. CUESTIONARIO

Una vez que los sujetos del estudio habían leído el consentimiento informado y aceptaban su participación (Anexo 1) se les realizaba un cuestionario para conocer tanto sus hábitos en el ámbito de la conducción (años y tipo de permiso de conducir, horas de conducción semanales, horario, etc.) como de otras actividades que podrían estar relacionadas con el desarrollo de la visión periférica (si jugaban habitualmente a videojuegos, practicaban deportes de equipo o artes marciales, o las habían practicado anteriormente). Los cuestionarios se elaboraron por dos motivos: por un lado para excluir a las personas que no cumplieran los criterios de selección y por otro conocer más profundamente los hábitos visuales de cada uno de ellos. El cuestionario que respondía cada grupo se diferenciaba ligeramente en el apartado de conducción y era igual en el resto de apartados (Anexos II y III).

4.2.2. EXAMEN VISUAL

A continuación se les realizaba en un primer gabinete un examen visual completo donde se valoraba (Anexo IV):

- Anamnesis
- AV sin corrección VL
- AV habitual VL
- Subjetivo VL y VP
- Binocularidad
- Estereopsis
- Biomicroscopia
- Tonometría de aire (Xpert NTC Plus Advance Logic Tonometer)

4.2.3. AGUDEZA VISUAL CENTRAL Y EXCÉNTRICA

A continuación se valoraba la primera prueba específica de nuestro estudio, con refracción habitual y con iluminación ambiental (no en baja iluminación como habitualmente se acostumbra a realizar los exámenes visuales). En esta prueba se medía monocularmente primero la AV en fijación central (OD/OI) (Fig. 4.1) y posteriormente la AV a una excentricidad de 2.5°. En OD se valoraba el campo nasal y posteriormente campo temporal y en el OI al revés. El observador debía fijarse en un punto marcado en la pantalla de proyección, primero a la derecha y luego a la izquierda de la misma. La pantalla se marcó con una flecha para asegurarnos que no se desplazaba la imagen y la letra quedaba siempre centrada (Fig. 4.2).



Fig. 4.1. Test AV en visión central.

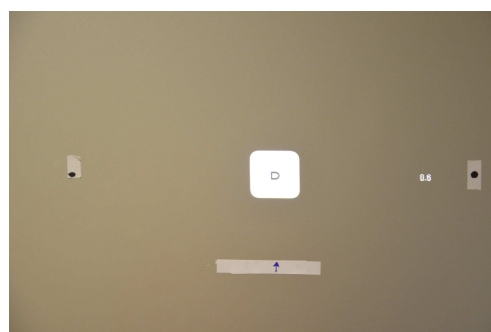


Fig. 4.2. Medida AV con excentricidad 2.5°. Los puntos marcados en los laterales eran los puntos de fijación excéntrica.

En la valoración de la AV con visión excéntrica se presentaba una única letra. Para intentar minimizar el aprendizaje se iban intercalando diferentes letras de una misma línea pero únicamente se valoraba la situada a la excentricidad marcada. Además, visualmente se intentaba controlar que el paciente mantuviera la fijación en el punto marcado y en caso de detectar que no, se repetía la medida (Fig. 4.3).



Fig. 4.3. Paciente valorando visión periférica.

Posteriormente los valores decimales obtenidos fueron transformados en logMAR para su estudio estadístico mediante la fórmula

$$AV \log MAR = \log 1/AV_{\text{decimal}}$$

donde recordemos que, AV logMAR = 0 equivale a AV_{decimal} = 1 y valores de AV logMAR negativo indican mejores resultados.

4.2.4. PANTALLA TANGENTE

En una sala amplia y bien iluminada se realizaban las dos pruebas cuantitativas del campo visual periférico. Los participantes con refracción en gafa que sin corrección no alcanzan AV monocular de 0.9 son corregidos con lentes de contacto antes de continuar el estudio. Todos ellos ya eran usuarios de este tipo de corrección. En caso de usuarios de lentes de contacto progresivas se les ha realizado una preadaptación a lentes monofocales para evitar las alteraciones que sus lentes habituales podrían causar.

La pantalla tangente o pantalla de Bjerrum utilizada ha sido elaborada para el estudio con unas dimensiones superiores a las establecidas habitualmente (1.20 m x 1.50 m) (Fig. 4.4). El estímulo a detectar era blanco, redondo de 3.5 mm, situado al final de un bastón pintado de negro (Fig. 4.5).

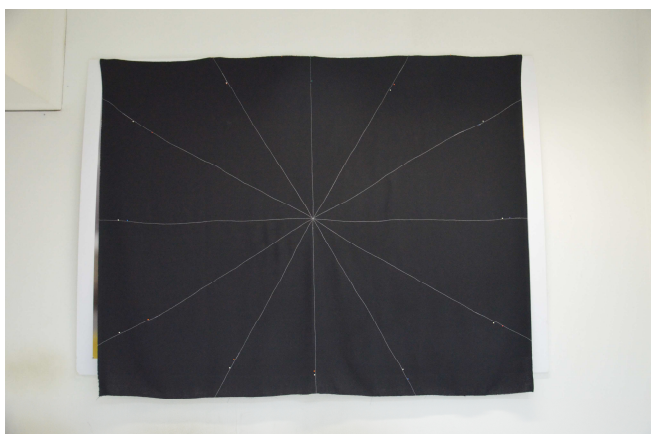


Fig. 4.4. Pantalla tangente.

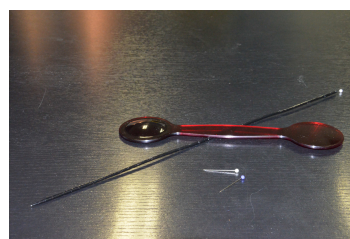


Fig. 4.5. Varilla con estímulo y ocluidor.

El paciente se situaba a 1 metro del punto de fijación (Fig. 4.6) y se valoraba la detección de un elemento en los diferentes meridianos, comenzando por el de 30° y acabando en 360°. En primer lugar se valoraba OD y posteriormente OI (Fig. 4.7).



Fig. 4.6. Marcas de situación.

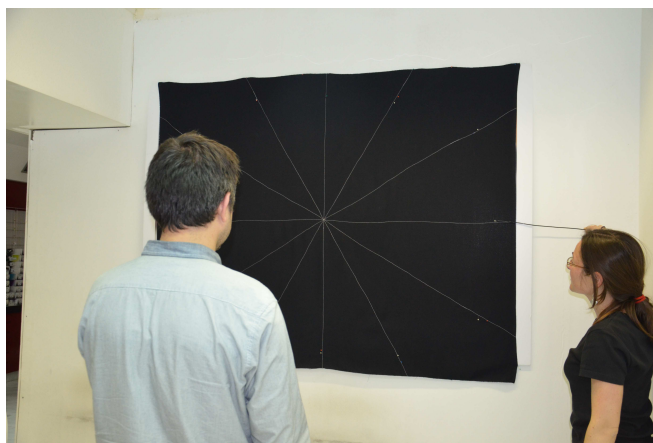


Fig. 4.7. Realización de la prueba de pantalla tangente.

4.2.5. TEST DE DESPLAZAMIENTO DORSAL (TDD)

El Test de Desplazamiento Dorsal (TDD) fue creado por Silleros (1998) para el estudio de visión periférica en deportistas. Fue ideado para poder realizar una valoración de esta medida en un entorno más real, bien iluminado, alejado de los tests utilizados habitualmente que suelen ser pruebas en baja iluminación y visión próxima (40 cm). Se consideró interesante para nuestro estudio por lo que fue una prueba que incorporamos.

En el TDD se utilizan tres cartulinas negras DIN-A4 con un punto blanco central de diámetro 4.4 cm. Aunque la sala cumple los requisitos para la realización del TDD original (dimensiones superiores a 5 x 5 m.) se optó por la versión modificada: TDD-r. La distancia entre observador y punto de fijación frontal y las cartulinas laterales fue de 1.85 m, en vez de 2.50 m, como se indica en el esquema de montaje (Fig. 4.8). Las cartulinas se situaban a la altura de los ojos del observador.

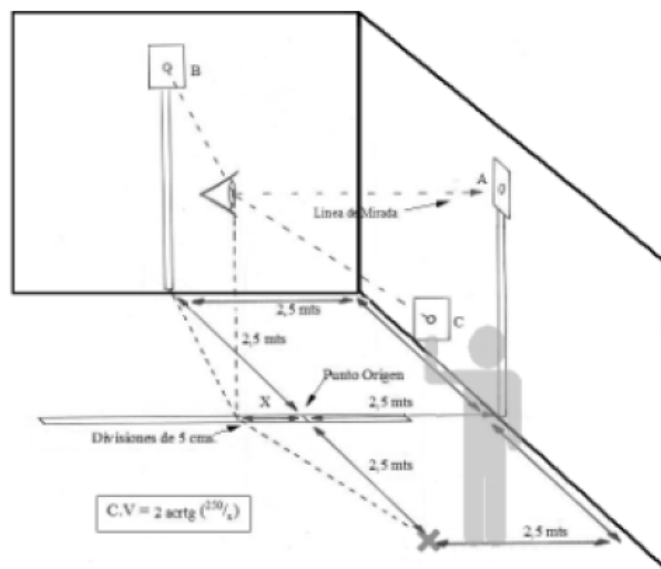


Fig. 4.8. Esquema de realización del TDD (Silleros 1998).

Para realizar la medida, el participante se situaba a un metro del punto frontal fijando en él la mirada. Acto seguido iba retrocediendo lentamente a lo largo de la línea de marcadores a un ritmo aproximado de un pie por segundo hasta que percibía los dos puntos laterales blancos sobre el fondo negro simultáneamente, manteniendo en todo momento la fijación en el punto frontal (Fig. 4.9 y 4.10). No es necesario que se perciban los puntos con definición, simplemente el contraste entre una figura blanca en el fondo negro.



Fig. 4.9. Realización test TDD.



Fig. 4.10. Realización test TDD.

En esta posición determinábamos la distancia x (según el esquema Fig. 4.8) que corresponde a la distancia entre el punto de origen y la posición donde el observador detecta los tres puntos (Fig. 4.11).



Fig. 4.11. Posición donde se detiene el observador.

A partir de este valor, encontraremos los grados del campo visual horizontal mediante la fórmula

$$CV = 2 \arctan (185/x)$$

4.2.6. SENSIBILIDAD AL CONTRASTE CENTRAL Y EXCÉNTRICA

En la última sala, con iluminación tenue, se realizaron las dos últimas pruebas. En primer lugar se valoraba la sensibilidad al contraste con el Contrast-test v2.0 diseñado y realizado por D. José A. Calvache Anaya para Novovisión.

El programa indica que la valoración se ha de hacer a una distancia de 3 metros. Una de las limitaciones que se encuentran en este test es que las dimensiones no son constantes sino que varían en función del tamaño de la pantalla de exposición por lo que no son comparables si se cambia la pantalla. En nuestro caso no es un problema porque las pruebas en todos los participantes se realizaron en el mismo dispositivo pero sí se aprecia como limitación al intentar comparar los resultados con los de otros métodos de evaluación de la SC.

El test muestra unas franjas de diferentes espesores e intensidades de gris. El sujeto ha de indicar hacia dónde se inclinan las franjas en su parte superior, derecha, izquierda o centro, a medida que se aumenta la dificultad al disminuir el contraste, hasta que el participante no consigue definir las franjas del fondo. Como se definió anteriormente en el marco teórico, se valoraron cinco frecuencias espaciales: 1.5, 3, 6, 12 y 18 ciclos/grado. Los valores de SC que permite evaluar este test son: 5, 9, 18, 32, 60, 115, 210, 400 y 800, posteriormente anotados en su correspondiente valor logarítmico.

En primer lugar se valora OD y luego OI en fijación central. A continuación se valora la SC a 2.5° de excentricidad, fijando un punto pintado en un lateral derecho de la pantalla, como se observa en las figuras 4.12 y 4.13.

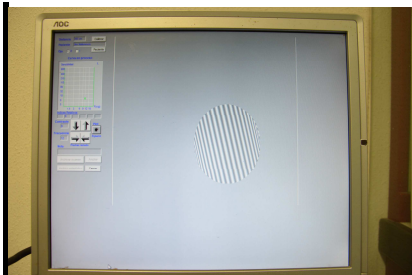


Fig. 4.12 Test SC con contraste 9, frecuencia 12.

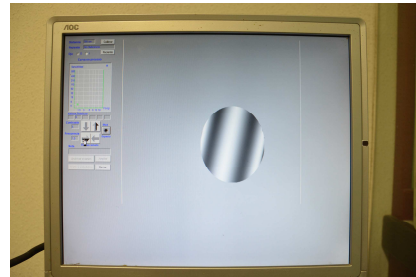


Fig. 4.13. Pantalla con test SC. Contraste 5, frecuencia 1.5.

Se observa el punto de fijación excéntrico situado en la parte derecha de la pantalla.

En este caso se consideró valorar únicamente la SC en visión periférica en OD en el campo nasal y en OI posteriormente en campo temporal. Aunque hubiera sido interesante conocer los datos en ambas retinas se prefirió no realizar la prueba para evitar un exceso de cansancio en el sujeto.

Todos los valores de aciertos y fallos fueron anotados. El valor de sensibilidad asignado para cada una de las frecuencias fue la última SC reconocida anterior al primer fallo cometido, independientemente si luego conseguía ver valores mayores de sensibilidad. Los datos posteriores de aciertos o fallos fueron anotados por considerarse interesantes en la valoración de la fiabilidad de la realización de la prueba pero fueron obviados en los resultados numéricos.

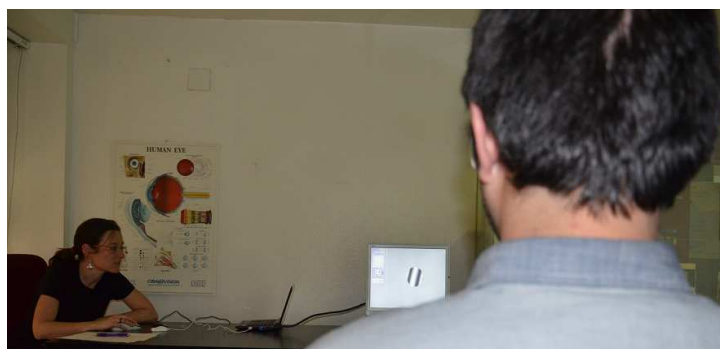


Fig. 4.14. Realización de prueba de SC.

4.2.7. TEST ESPECÍFICO DE CONDUCCIÓN

En esta última prueba se intentó valorar la visión periférica de una forma más dinámica y real. En los exámenes anteriores, se pedía fijar un punto e identificar estímulos periféricos. Aunque los sujetos fijaban al frente, la atención estaba centrada en el campo periférico, no en el punto de fijación. Por ello se planteó una prueba con dos tareas para intentar encontrar una valoración más acorde a una situación real, donde la fijación central es la que tiene captada nuestra atención. Así, por un lado, los participantes debían mirar un vídeo situado frontalmente que les mostraba un recopilatorio de jugadas de tenis. Por otro lado, periféricamente en su lado izquierdo tenían situada una pantalla por la que aleatoriamente aparecían imágenes en movimiento. Se les pedía que mantuvieran la mirada en la pantalla frontal mientras contaban el número total de golpes de raqueta a la pelota y cuando detectaran alguna imagen que pasaba por su campo periférico dieran un golpe en la pared que tenían al lado (con ello se intentaba no añadir una tarea más complicada al tener que verbalizarlo) para así marcar al examinador que habían visto un movimiento (Fig. 4.15 y Fig. 4.16). También se les sugirió que podían contar en voz alta los toques para facilitar la tarea. La exposición del video duraba 2'15" en los que había momentos intensos, varios golpes muy consecutivos, y otros menos activos, como la celebración de un punto.



Fig. 4.15. Realización del test de conducción específico.



Fig. 4.16. Realización del test de conducción específico.

Las imágenes que pasaban en la pantalla situada en zona periférica contenían diferentes niveles de dificultad. Como se describió en el marco teórico, la función principal en visión periférica es la detección del movimiento, por lo que esto fue lo que se les pidió detectar. Jugando con los otros atributos que pueden interferir en la detección del estímulo se intentó crear los diferentes niveles de dificultad:

- Velocidad alta, media o baja.
- Estímulo de diferentes colores y contrastes: amarillo, rojo, gris, rojo-negro o rojo-blanco-negro. Todos ellos sobre un fondo gris. En una secuencia también aparecían otras imágenes con colores rojo-blanco-gris-negro.
- Diferentes tamaños del estímulo.

Los tiempos entre una y otra imagen se estipularon aleatoriamente, si bien se intentó intercalar partes de la exposición con secuencias consecutivas muy seguidas con otras, en cambio, bastante espaciadas. Así se consideró que se presentaba el menor número de pistas al observador.

En una primera serie se mostraba un círculo amarillo siempre con el mismo tamaño que se movía a diferentes velocidades y en diferentes direcciones (Fig. 4.17) y también una mariquita (rojo-negro-blanco).

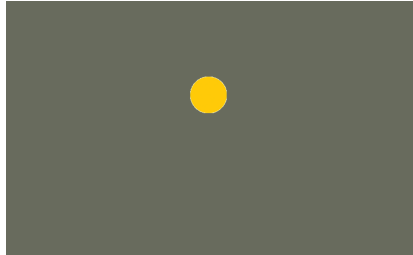


Fig. 4.17 Estímulo amarillo en movimiento.

En la segunda aparecían tres imágenes fijas, dos círculos rojos superior e inferior, que variaban en algunas secuencias ligeramente de tamaño o posición, y una mariquita (Fig. 4.18).

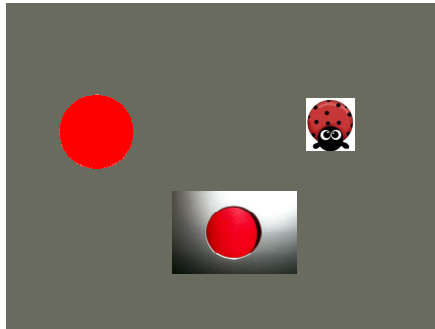


Fig. 4.18. Segunda fase, figuras fijas.

En esta fase pasaban una serie de redondas amarillas de diferentes tamaños (Fig. 4.19 y 4.20) y velocidades, siempre en la misma dirección (diagonal desde zona inferior izquierda hacia superior central).

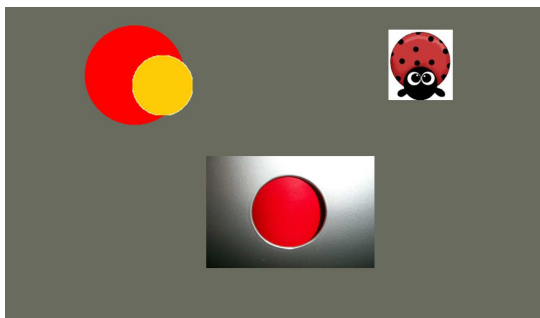


Fig. 4.19. Estímulo amarillo tamaño medio en movimiento.

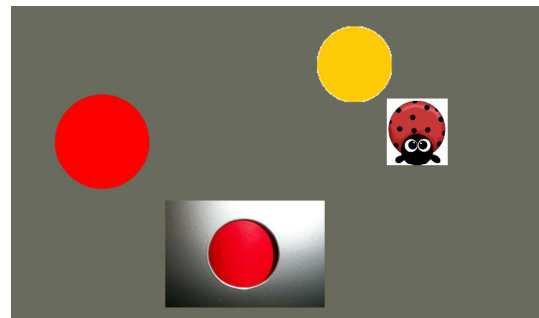


Fig. 4.20 Estímulo amarillo tamaño grande en movimiento.

Intercalados pasaban dos elementos menos fáciles de identificar, en primer lugar un círculo gris (Fig. 4.21) en la horizontal de izquierda a derecha y por último uno rojo (Fig. 4.22) en la misma dirección.

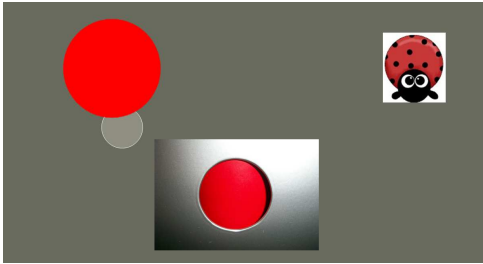


Fig. 4.21. Estimulo gris (menor contraste) en movimiento.

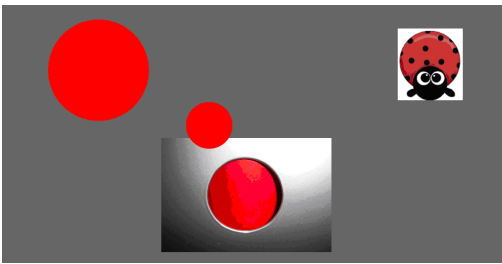


Fig. 4.22. Estimulo rojo en movimiento.

La tercera y última fase era idéntica a la primera pero cambiando el estímulo. Ahora es una mariquita (rojo-blanco-negro) que pasa a diferentes velocidades y en diferentes direcciones (Fig. 4.23).

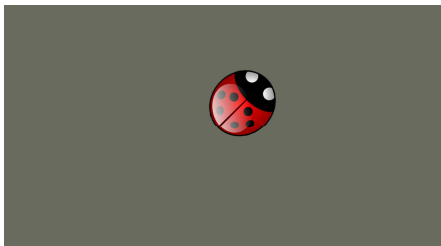




Fig. 4.23 Estimulo mariquita (menor contraste) en movimiento.

En una primera prueba piloto del test, en esta última parte, los participantes no identificaban ningún estímulo, por lo que tuvo que ampliarse considerablemente el tamaño. Este dato demostró la importancia del contraste y el color en la detección en visión periférica. Durante la valoración, el investigador contaba con una tabla para marcar los estímulos detectados o no por el observador (Tabla 4.1).

1		
2	Muy Lenta 	X
3	Lenta 	V
4	Media 	V
5	Rápido 	V
6	Muy Lenta 	V
7	Rápido 	V
8	Rápido 	V
9	Mariquita lenta 	V
10	Rápido 	V
11	Rápido 	V
12	Rápido  Grande	V

13	Rápido  Grande	V
14	Rápido  Grande	V
14B	Gris Media 	X
15	Rápido  Grande	V
16	Rápido  Grande	V
17	Rápido  Grande	V
18	Rojo medio 	X
19		V
20		
21	Lento 	X
22	Medio 	X
23	Rápido 	X
24	Lento 	X

Tabla 4.1. Ejemplo de tabla rellena con estímulos detectados por el observador.

Durante la valoración, el investigador contaba con una tabla para marcar los estímulos detectados o no por el observador (Tabla 4.1).

Al finalizar la prueba se le preguntaba el número de toques de pelota de la primera tarea, y luego si había identificado en visión periférica algún color o imagen. Finalmente se optó por utilizar el número de fallos (equivalente a no ver un estímulo pasar en pantalla periférica) y el número de toques de pelota observados para valorar el éxito de la tarea. Así se evaluaban en conjunto ambas pruebas. Para ello, cada cinco toques de diferencia entre los observados y los reales fue penalizado como un fallo, que se añadía al total de fallos de ese participante.

4.3. ANÁLISIS DE LOS DATOS

Para el análisis de los datos (realizado con el programa SPSS v.17 para Windows) se han diferenciado las variables de estudio en cualitativas (conductor profesional o no conductor; sexo; practica artes marciales o no las practica, etc.) y cuantitativas (edad, valores de AV en logMAR, SC, campo visual, número de fallos, etc.). En el caso de las variables cuantitativas, previo al análisis estadístico, se ha verificado la normalidad de la distribución de las mismas con el test de Kolmogorov-Smirnov, hallando, en todos los casos, distribuciones no normales. Por lo consiguiente, la totalidad del análisis estadístico se ha realizado con tests no paramétricos.

Para la comparación entre los valores de las distintas variables entre conductores profesionales y no profesionales se ha utilizado el test de Mann-Whitney de muestras no relacionadas, así como para comparar, donde se consideró oportuno, los valores de OD con OI. En la comparación de los valores dentro del mismo ojo (por ejemplo para evaluar posibles diferencias entre AV periférica nasal y temporal) se utilizó el test de Wilcoxon de muestras pareadas. Finalmente, para evaluar posibles asociaciones entre las distintas variables de estudio se empleó el test de correlación no paramétrico de rho de Spearman. En este caso, se considera un valor de rho superior a ± 0.4 como indicativo de tendencia en la relación entre variables, al tratarse de datos de pacientes reales, donde la gran y natural variabilidad individual impide valores de correlación próximos a ± 1 . En todo caso se consideró una $p < 0.05$ como punto de corte de significación estadística.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En un primer lugar, se hizo una diferenciación de los datos, entre cuantitativos y cualitativos, como ya hemos indicado en el apartado anterior (4.3). Estos datos requieren, en principio, criterios de análisis diferentes. Asimismo, previo al análisis estadístico, realizamos una valoración de la normalidad de los datos cuantitativos (edad, AV, CV, SC, TDD y fallos totales) mediante el test de Kolmogorov-Smirnov. Éste nos indica si la muestra sigue una distribución gaussiana o no. En nuestro caso comprobamos que no es así, al presentar las distintas variables de estudio diferencias estadísticamente significativas entre sus datos y aquéllos que indicarían una distribución normal. Por ello, hablaremos de mediana y rango (valor mínimo – valor máximo), en lugar de promedio y distribución estándar, y utilizaremos test no-paramétricos para el análisis de todos los datos, tanto los cuantitativos como los cualitativos.

Antes de entrar a analizar los diferentes datos obtenidos, se valoraron las posibles diferencias entre los dos grupos por lo que respecta a las variables no controladas pero contempladas en el estudio (que se recogen gracias a los cuestionarios previos a las pruebas). Para ello se aplicó el test de Mann-Whitney, al tratarse de datos no pareados (conductores profesionales y no profesionales) que no siguen una distribución normal. Los resultados mostraron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) en edad, sexo y práctica de artes marciales, lo que deberá tenerse en cuenta en la interpretación del resto de resultados obtenidos y de las posteriores posibles diferencias entre grupos.

	Edad			Sexo		Artes Marciales	
	Mediana	Mínimo	Máximo	Hombres	Mujeres	Practica	No practica
Grupo control	33,5	28	51	3	9	0	12
Grupo profesionales	46	31	64	11	1	2	10

Tabla 5.1. Variables no controladas con diferencias estadísticamente significativas

A partir de los datos de la tabla 5.1, podríamos interpretar que en base a la edad el grupo control podría obtener mejores resultados en el resto de parámetros de estudio. En contrapartida, en el grupo de profesionales encontramos dos personas que practican o han practicado artes marciales, de las que también cabría esperar mejores resultados debido a que esta disciplina entrena la visión periférica, al no mantener la atención en el punto de fijación si no en todo el campo en general, para poder anticiparse a las acciones de los adversarios.

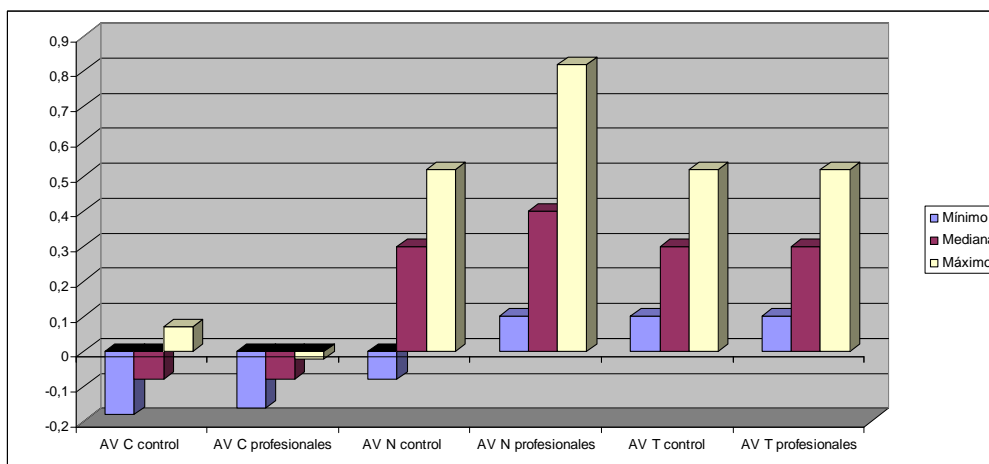
A continuación, realizamos el análisis estadístico donde no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en ninguno de los ámbitos de estudio entre el grupo control y el grupo de conductores profesionales. Pese a este resultado, vamos a revisar uno a uno los puntos de la investigación mediante los valores de la mediana y los valores máximo y mínimo para los dos grupos de estudio. Posteriormente, procederemos a una interpretación global de los hallazgos.

5.1. AGUDEZA VISUAL

En la tabla 5.2 y en su correspondiente gráfica 5.1 encontramos los valores de AV en VL expresados en LogMAR, tanto para visión central como para excentricidades de 2.5° en campo nasal y temporal, y para los dos grupos de estudio. Observamos que, aunque los valores de AV central son ligeramente mejores en el grupo de profesionales, en el campo nasal estos empeoran respecto al grupo control, para igualarse en el campo temporal. Recordemos, como se indicó en el apartado (4.2.3), que, al tratarse de AV logMAR, los valores más pequeños indican mejores agudezas visuales y los valores negativos incluso AV por encima de la visión óptima.

	Grupo Control		Grupo profesionales	
AV VL LogMAR C	Mediana	-0,08	Mediana	-0,08
	Mínimo	-0,18	Mínimo	-0,16
	Máximo	0,07	Máximo	-0,02
AV VL LogMAR N	Mediana	0,30	Mediana	0,40
	Mínimo	-0,08	Mínimo	0,10
	Máximo	0,52	Máximo	0,82
AV VL LogMAR T	Mediana	0,30	Mediana	0,30
	Mínimo	0,10	Mínimo	0,10
	Máximo	0,52	Máximo	0,52

Tabla 5.2. AV central (C), AV con excentricidad 2.5° nasal (N) y AV con excentricidad 2.5° temporal (T)



Gráfica 5.1. AV central (C), AV con excentricidad 2.5° nasal(N) y AV con excentricidad 2.5° temporal (T)

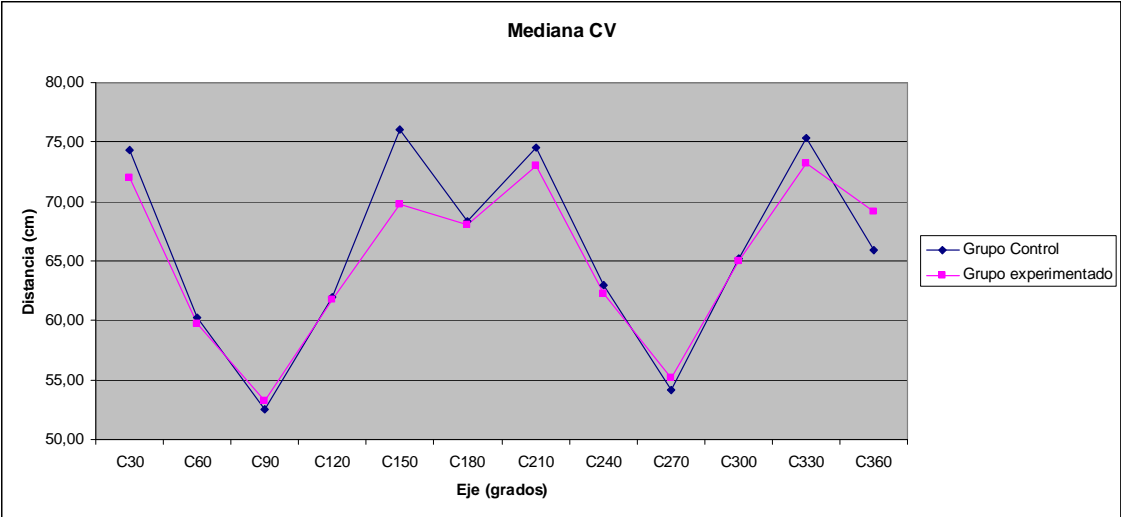
Un concepto que podríamos relacionar con los presentes resultados son los estudios que valoran el tiempo de reacción a diferentes excentricidades. Así, Osaka (1976, 1978), Schiefer et al (2001) y Poggel y colaboradores (2012), encontraron un menor tiempo de reacción en el campo periférico nasal respecto al temporal. En el grupo control, tal vez podrían reflejarse estos estudios, al encontrar que el valor mínimo de AV es mejor, mientras que en el grupo experimentado la tendencia sería inversa, encontrando mejores resultados en el campo temporal. Este dato podría apuntar a un mayor desarrollo del campo periférico en este grupo.

5.2. CAMPO VISUAL

En la tabla 5.3 y en la gráfica 5.2 podemos ver la distribución de los valores del campo visual (en grados). Los valores son muy similares, con pequeñas diferencias que, como hemos visto, no son estadísticamente significativas.

	Grupo Control		Grupo profesionales	
C30	Mediana	74,35	Mediana	72,00
	Mínimo	50,40	Mínimo	41,10
	Máximo	80,20	Máximo	83,20
C60	Mediana	60,25	Mediana	59,75
	Mínimo	54,20	Mínimo	37,00
	Máximo	70,40	Máximo	67,30
C90	Mediana	52,50	Mediana	53,25
	Mínimo	46,50	Mínimo	22,60
	Máximo	56,00	Máximo	58,00
C120	Mediana	62,00	Mediana	61,75
	Mínimo	40,20	Mínimo	42,00
	Máximo	67,20	Máximo	69,60
C150	Mediana	76,00	Mediana	69,75
	Mínimo	49,90	Mínimo	42,00
	Máximo	81,50	Máximo	85,50
C180	Mediana	68,30	Mediana	68,00
	Mínimo	49,60	Mínimo	43,00
	Máximo	73,50	Máximo	75,00
C210	Mediana	74,50	Mediana	73,05
	Mínimo	56,50	Mínimo	41,80
	Máximo	84,40	Máximo	83,00
C240	Mediana	63,00	Mediana	62,25
	Mínimo	45,00	Mínimo	38,00
	Máximo	68,50	Máximo	70,60
C270	Mediana	54,20	Mediana	55,20
	Mínimo	43,30	Mínimo	41,00
	Máximo	59,50	Máximo	60,00
C300	Mediana	65,25	Mediana	65,00
	Mínimo	49,60	Mínimo	44,50
	Máximo	69,80	Máximo	70,00
C330	Mediana	75,30	Mediana	73,25
	Mínimo	53,00	Mínimo	44,00
	Máximo	85,50	Máximo	84,00
C360	Mediana	65,95	Mediana	69,20
	Mínimo	50,50	Mínimo	50,00
	Máximo	74,30	Máximo	76,50

Tabla 5.3. Valores de las medianas, máximos y mínimos en campo visual en ambos grupos de estudio



Gráfica 5.2. Representación de los valores de la mediana del CV en ambos grupos

5.3. TEST DE DESPLAZAMIENTO DORSAL

En este concepto encontramos mejores valores en todos los puntos en el grupo de conductores experimentados, como podemos observar en la tabla 5.4, si bien, nuevamente, las diferencias no llegan a alcanzar significación estadística.

Grupo Control		Grupo profesionales	
TDD (°)	Mediana	157	Mediana 168
	Mínimo	130	Mínimo 134
	Máximo	177	Máximo 180

Tabla 5.4. Valores mediana, mínimo y máximo en TDD en ambos grupos

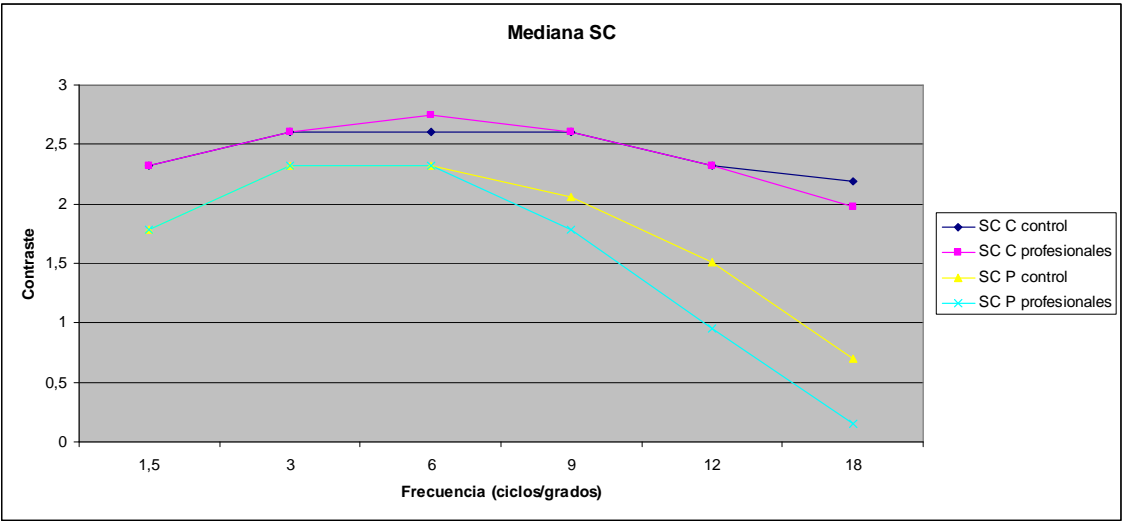
5.4. SENSIBILIDAD AL CONTRASTE

Respecto a la sensibilidad al contraste, en la tabla 5.5 y la gráfica 5.4 observamos los valores obtenidos. En ellos vemos como para las frecuencias espaciales bajas los resultados son más similares, y en las altas se van separando, siendo esta separación más clara en la SC periférica, prácticamente siempre obteniéndose mejores resultados en el grupo control. Ninguno de los valores estudiados llega a ser estadísticamente significativo pero en el caso de SC periférica en frecuencia de 12 ciclos/grado se acerca a la significación estadística, con $p = 0.53$. Por otra parte, cabe recordar que en los datos de SC periférica hemos unido SC periférica nasal y temporal mostrándolos como uno único.

Como se indicó en el marco teórico, la curva de la SC se ve afectada por varios factores: la excentricidad, el desenfoque y la edad. Lógicamente la gráfica de la SC periférica muestra una disminución en sus valores respecto a la central, donde la máxima sensibilidad se da en mácula y disminuye según nos alejamos de ella. Por otro lado, si analizamos la edad de los sujetos, éstos tienen una mediana ligeramente superior en el grupo de conductores experimentados (46 años respecto a los 33.50 del grupo control). Con la edad se suele presentar una pérdida de frecuencias espaciales altas y una reducción general de la sensibilidad (Owsley et al, 1983), lo que podría explicar la menor SC en este grupo en elevadas frecuencias.

	Grupo Control		Grupo profesionales	
SC Central 1,5	Mediana	2,32	Mediana	2,32
	Mínimo	1,78	Mínimo	1,78
	Máximo	2,60	Máximo	2,90
SC Central 3	Mediana	2,60	Mediana	2,60
	Mínimo	2,32	Mínimo	2,32
	Máximo	2,90	Máximo	2,90
SC Central 6	Mediana	2,60	Mediana	2,75
	Mínimo	2,32	Mínimo	2,60
	Máximo	2,90	Máximo	2,90
SC Central 9	Mediana	2,60	Mediana	2,60
	Mínimo	2,19	Mínimo	2,32
	Máximo	2,90	Máximo	2,90
SC Central 12	Mediana	2,32	Mediana	2,32
	Mínimo	1,78	Mínimo	1,51
	Máximo	2,90	Máximo	2,90
SC Central 18	Mediana	2,19	Mediana	1,98
	Mínimo	1,26	Mínimo	0,70
	Máximo	2,32	Máximo	2,90
SC Periférica 1,5	Mediana	1,78	Mediana	1,78
	Mínimo	1,51	Mínimo	1,51
	Máximo	2,32	Máximo	2,32
SC Periférica 3	Mediana	2,32	Mediana	2,32
	Mínimo	1,51	Mínimo	1,78
	Máximo	2,60	Máximo	2,60
SC Periférica 6	Mediana	2,32	Mediana	2,32
	Mínimo	0,95	Mínimo	1,78
	Máximo	2,60	Máximo	2,60
SC Periférica 9	Mediana	2,06	Mediana	1,78
	Mínimo	0,95	Mínimo	0,70
	Máximo	2,78	Máximo	2,60
SC Periférica 12	Mediana	1,51	Mediana	0,95
	Mínimo	0,15	Mínimo	0,15
	Máximo	2,32	Máximo	2,32
SC Periférica 18	Mediana	0,70	Mediana	0,15
	Mínimo	0,15	Mínimo	0,15
	Máximo	1,78	Máximo	2,19

Tabla 5.5. Valores mediana, mínimo y máximo en SC central y periférica



Gráfica 5.4. Mediana SC central y periférica en ambos grupos de estudio

5.5. TEST ESPECÍFICO DE CONDUCCIÓN

En el test específico de conducción se indicaron dos tareas simultáneamente. Como ha sucedido en los puntos anteriores, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas. En la tabla 5.6 se muestran los resultados obtenidos, por un lado el número de fallos totales cometidos en la detección de las imágenes periféricas y, por otro, la penalización total al sumar ambas tareas, como se indicó en el apartado 4.2.7. Observamos que en ambos casos, los valores son ligeramente mejores en el grupo control, es decir, en términos generales el grupo de profesionales realizó peor la prueba.

	Grupo Control		Grupo profesionales	
Fallos totales	Mediana	1,00	Mediana	2,00
	Mínimo	0,00	Mínimo	0,00
	Máximo	11,00	Máximo	11,00
Penalización 2 tareas	Mediana	3,00	Mediana	6,50
	Mínimo	0,00	Mínimo	0,00
	Máximo	17,00	Máximo	13,00

Tabla 5.6. Tabla resultados prueba test específico de conducción para ambos grupos

Pese a que en la tabla no se indica, ya que había diferentes niveles de dificultad en la detección de los elementos que aparecían periféricamente, éstos se han valorado individualmente, sin hallar en ninguno de ellos diferencias estadísticamente significativas entre grupos.

5.6. OTROS DATOS DE ESTUDIO

Englobando los dos grupos en uno sólo, se decide realizar una comparativa entre ambos ojos. Así, al comparar, mediante el test de Wilcoxon para muestras relacionadas, posibles diferencias entre AV nasal y temporal, sí encontramos diferencias significativas, con $Z = -2.153$ y $p = 0.031$, diferencias que no se detectaron al comparar la SC nasal y temporal. Debe tenerse en cuenta, sin embargo, que la SC no se evaluó en un mismo ojo, como en el caso de la AV, sino que la SC nasal se midió en ojo derecho y la SC temporal en el izquierdo. Por ello, sería muy interesante comparar los resultados de estos valores dentro de un mismo ojo para valorar posibles diferencias.

Un último análisis realizado fue la exploración de posibles asociaciones entre variables con el test del coeficiente de correlación rho de Spearman, utilizado para datos no paramétricos. Nos fijamos en los valores de rho y su valor p correspondiente. Aunque idealmente se consideran significativos aquellos valores de rho cercanos a 1 o -1, tomaremos como destacables aquellos que sean superiores a 0.4 o menores a -0.4, al tratarse de datos clínicos, siempre que, a su vez, vayan acompañados de valores de $p < 0.05$. Las correlaciones más destacables encontradas fueron:

- AV logMAR nasal con AV logMAR temporal, con $\rho = 0.483$ y $p = 0.017$.
- AV logMAR central con SC periférica a 12 c/g, con $\rho = -0.596$ y $p = 0.002$. Se trata de una correlación inversa, debido a que los valores de logMAR pequeños se corresponden con las mejores AV. Esta correlación sólo resultó apreciable en esta frecuencia espacial.
- AV logMAR nasal y ciertos valores de SC. Concretamente, SC central a 18 c/g ($\rho = 0.411$ y $p = 0.046$) y SC periférica a 18 c/g ($\rho = -0.426$ y $p = 0.038$). Curiosamente la AV logMAR temporal no muestra ninguna correlación con SC.
- Algunas frecuencias de SC central entre ellas mismas y de SC periférica entre ellas mismas, si bien estas últimas sólo entre 6 c/g y 18 c/g ($\rho = 0.585$ y $p = 0.003$) y entre 12 c/g y 18 c/g ($\rho = 0.604$ y $p = 0.002$).
- Algunas frecuencias de SC Central con SC periférica:
 - SC central a 9 c/g con periférica a 6 c/g ($\rho = 0.460$ y $p = 0.024$) y central a 9 c/g con periférica a la misma frecuencia espacial ($\rho = 0.496$ y $p = 0.014$).
- Correlación entre prácticamente todos los campos visuales, dato totalmente lógico.
- Entre valores de campo y algunos valores de SC central y periférica. La valoración del campo visual se realizó mediante un estímulo de 3.5 mm a un metro de distancia, que equivaldría a un valor de AV decimal de 0.5, con un elevado contraste (estímulo blanco sobre fondo negro). No es extraño, pues, encontrar esta relación entre el campo y la SC central y periférica porque, al fin y al cabo, la medida del campo visual se realiza con unos valores concretos de contraste y frecuencia espacial.

- TDD con la mayoría de valores del campo visual. Las correlaciones encontradas entre estos dos tests son también lógicas porque ambas miden la extensión del campo horizontal. Además, estas correlaciones ayudan, en parte, a validar las medidas del TDD, menos conocidas y contrastadas. No obstante, debe mencionarse que la mejor correlación se halla entre TDD y campo visual a 330 grados ($\rho = 0.583$; $p = 0.003$), resultados lógicos al corresponder casi al eje horizontal. Sin embargo, resulta más difícil de explicar la también buena correlación hallada entre TDD y el campo visual a 90 grados ($\rho = 0.564$ y $p = 0.004$). Este dato, aunque no sabemos interpretarlo, sería interesante de analizar más extensamente para ver si realmente se cumple en muestras más extensas y, de ser fuera así, valorar si permitiría obtener, a partir de una única medida, un valor aproximado de ambos ejes.
- TDD con SC periférica a 3 c/g ($\rho = -0.464$ y $p = 0.022$).
- Número de fallos con SC central a 6 c/g ($\rho = -0.488$ y $p = 0.016$).

Las correlaciones expuestas, si bien algunas responden a relaciones totalmente lógicas, como en el caso del campo visual, a la mayoría no le encontramos una explicación. Podrían ser simplemente debidas al azar estadístico, si bien igualmente son resultados curiosos e interesantes para dedicar nuevas investigaciones a valorar su autenticidad.

Por último, por lo que hace referencia a las distintas variables no controladas (práctica de artes marciales, etc.), no se ha encontrado correlación con ninguna otra variable de estudio.

5.7. DISCUSIÓN GENERAL DE LOS DATOS

Pese a lo esperado, los resultados no han corroborado la hipótesis de este trabajo. No hemos encontrado diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) en ninguno de los ámbitos de estudio planteados e incluso en ocasiones los resultados del grupo control pueden haber sido discretamente mejores que los del grupo de conductores experimentados.

Las causas de estos resultados negativos pueden originarse, por un lado, en una muestra de estudio muy reducida, con 24 sujetos en total, que posiblemente no ha tenido el suficiente peso estadístico para mostrar diferencias, de existir, pudiendo haber quedado ocultas. Por otro lado, destacamos como muy importante la gran variabilidad interpersonal encontrada. Como reseñamos anteriormente, el trabajo de Schiefer y colaboradores (2001) mostró que la variabilidad intrasujetos tiene un mayor peso en el tiempo de reacción que incluso el aumento de la excentricidad periférica del estímulo. Estos datos, en nuestro estudio, se aprecian al valorar la regularidad de la muestra y encontrar que no hay, en ningún concepto estudiado, un patrón estándar.

Otro factor a tener en cuenta es un posible mal diseño de los exámenes utilizados en nuestro estudio. Pese a que durante el periodo de prueba se eliminaron errores encontrados (por ejemplo, en la prueba de TDD se detectó que interfería el color del vestuario de la examinadora, por lo que siempre fue el mismo, u otros ya comentados en el apartado de metodología, como el uso de gafas), quizás se podrían haber mejorado o haber analizado mejor la correcta realización de las mismas. Cabe destacar que actualmente no existen tests estandarizados para la valoración de estas habilidades. Limitación que también afecta a la validez en los estudios y los avances en este campo de investigación, al dificultar posibles comparaciones entre ellos. En nuestro caso, por ejemplo, el test utilizado para la medida de la SC no esta estandarizado y, además, como se indicó en el apartado 4.2.6, pese a que la distancia de medición esta fijada a 3 m, la medida del test no es fija, sino que varia en función de la pantalla de exposición.

Un dato que habría sido interesante valorar es la velocidad en la respuesta en el test específico de conducción, porque durante la ejecución del mismo se observó que había personas que respondían antes y otras tardaban más. Quizás este factor sí hubiera demostrado un mejor resultado en el grupo profesional respecto del control.

Otro concepto que se puso en tela de juicio fue si había sido correcta la realización de la prueba con escenas totalmente ajenas al ámbito de la conducción. Todos los estudios comentados de la literatura utilizan escenas reales o simulaciones, siendo más fiel a la realidad de la conducción. En nuestro caso se descartó su utilización al considerar que de esta forma no se daba una cierta ventaja a los conductores experimentados ya que con la escena mostrada no se encontraban familiarizados ninguno de los individuos. Éste podría ser el valor diferenciador con los estudios de Crundall y colaboradores (1999) y Pattern et al (2006), en los que sí encontraron diferencias estadísticamente significativas en función de la experiencia, si bien estos estudios se basan en escenas donde los conductores experimentados están familiarizados mientras que los noveles todavía son inexpertos. Al introducir una tarea bi-atencional nueva para ambos grupos, tal vez al grupo de experimentados le supone una mayor complejidad y, como muestran los estudios de Miura (1990), esto se traduce en un estrechamiento de su campo visual útil. Además, esto justificaría que el grupo de profesionales tuvo un mayor número de penalizaciones debido a que se equivocaron más al contar el número de golpes y fueron penalizados por ello. Otro dato interesante a comentar es el hecho de que quizás los conductores experimentados no estén realmente habituados a realizar fijaciones centrales donde han de centrar la atención, como el contar el número de toques que requería la tarea principal, sino que, como indicaban los estudios de Gordon (1966) y Neboit (1981) basados en el control de la trayectoria, los conductores experimentados sitúan el punto de fijación en relación a la información que queremos obtener en periferia, sin prestarle tanta atención a la visión central.

En términos generales, la gran dificultad que supone el mantener un punto de fijación ajeno al que corresponde al estímulo de interés que debemos identificar fue un punto sobre el que podríamos haber intentado controlar más metódicamente a nuestros observadores. Por muy conscientes que eran los participantes a las indicaciones de la prueba, era evidente la gran dificultad que esto les suponía. Instintivamente, en algunos casos intentaban confirmar si habían visto bien el estímulo, refijando su visión. Para evitar estos errores de medición, por ejemplo en el caso de los valores de SC periférica, en el momento que aparecía un valor erróneo se anotaba como resultado de la prueba el anterior al primer fallo, para intentar compensar esta tendencia a mirar el estímulo directamente, aunque luego se detectara que, en la misma frecuencia espacial, el participante había sido capaz de detectar valores de menor contraste.

Por último, mencionar que, aunque en nuestro estudio se descartó por no cansar en exceso al participante, creemos que sería de gran interés la comparativa de la SC entre campo nasal y temporal, como ya se ha indicado anteriormente, porque podría haber mostrado diferencias como sucedió en la agudeza visual.

6. CONCLUSIONES

Los resultados encontrados no han respondido a nuestra hipótesis, en la que esperábamos diferencias entre los grupos de estudio, ni han hecho evidente el desarrollo de las habilidades de la visión periférica gracias a su entrenamiento en las tareas realizadas. A pesar de estos hallazgos, sin embargo, y basándonos en la literatura existente relacionada con el tema y tal vez en el sentido común, no descartamos que la hipótesis sea cierta, sino que los medios usados para verificarla probablemente no contaron con la sensibilidad necesaria como para detectar las esperadas diferencias entre conductores profesionales y noveles, o no conductores. Por otra parte, creemos que se trata de un campo de estudio muy interesante y fértil para continuar con nuevas investigaciones, al encontrar muy pocos trabajos al respecto. Además, como ha sucedido en nuestro estudio, los trabajos revisados normalmente se han realizado con un número muy reducido de participantes y apenas han sido contrastados. Por ello, debida a la gran variabilidad inter-personal que hemos deducido como otra de las principales causas de los presentes hallazgos negativos, consideramos que para encontrar realmente resultados fiables los estudios tendrían que ser mucho más amplios, principalmente en el número de participantes.

En definitiva, este trabajo quería dar a conocer cómo la práctica puede influir en el desarrollo de ciertas habilidades que provoquen una mayor efectividad en la realización de una tarea. Los mecanismos cognitivos y neuronales que sustentan una habilidad son en gran parte desconocidos. Por ello, es igualmente difícil establecer si el talento se basa en una extensa experiencia o viene dado por capacidades innatas del individuo y hasta qué punto su ejercitación puede repercutir en un mayor desarrollo. Para poder valorarlo, debido a la gran variabilidad entre habilidades innatas en cada sujeto, sería más indicada una valoración longitudinal en la que pudiéramos comparar cómo se produce dicho desarrollo gracias a su ejercicio mediante tareas implícitas en su actividad cotidiana.

7. BIBLIOGRAFÍA

Anstis SM. A chart demonstrating variations in acuity with retinal position. *Vision Research*. 1974; 14: 589–592.

Aznar JA, Quevedo LI y Sinnett S. The effects of drift and displacement motion on Dynamic Visual Acuity. *Psicológica: Revista de metodología y psicología experimental*. 2005; 26: 105-120.

Berthelon C, Mestre D y Taramino R. The role of driving expertise in the visual anticipation of a collision. En Gale AG, Brown ID, Haslegrave CM, Taylor SP (Eds.), *Vision in vehicles – V*. Amsterdam: Elsevier. 1996: 71-78.

Boletín Oficial del Estado. Real Decreto 818/2009, Reglamento General de Conductores. Disponible en: <http://www.boe.es/boe/dias/2009/06/08/pdfs/BOE-A-2009-9481.pdf>. [Consultado en línea: 12 abril 2013].

Brown B. Dynamic visual acuity, eye movements and peripheral acuity for moving targets. *Vision Research*. 1972; 12: 305-321.

Carl JR y Gellman RS. Human smooth pursuit: stimulus-dependent responses. *Journal of Neurophysiology*. 1987; 57: 1446-1463.

Carter CJ y Laya O. Drivers' visual search in a field situation and in a driving simulator. En Gale AG, Brown ID, Haslegrave CM, Taylor SP (Eds.), *Vision in vehicles – VI*. Oxford: Elsevier. 1998: 21-31.

Castro C, Durán M y Cantón D. La conducción vista por los psicólogos cognitivos. *Boletín de Psicología*. 2006; 87: 35-60.

Chapman PR, Underwood G y Roberts K. Visual search patterns in trained and untrained novice drivers. *Transportation Research Part F*. 2002; 5: 157-167.

Chen D y McMahan S. Development and testing of self-assessment tests for increasing motorcycle safety for aging motor cyclists. California State University Fullerton, Fullerton, CA. 2006.

Cohen AS y Studach H. Eye movements while driving cars around curves. *Perceptual and Motor Skills*. 1977; 44: 683-689.

Cooper PJ, Pinili M y Chen W. An examination of the crash involvement rates of novice drivers aged from 16 to 55. *Accident Analysis and Prevention*. 1995; 27: 89-104.

Crabb DP, Fitzke FW, Hitchings RA y Viswanathan AC. A practical approach to measuring the visual field component of fitness to drive. *British Journal of Ophthalmology*. 2004; 88: 1191-1196.

Crundall DE y Underwood G. Effects of experience and processing demands on visual information acquisition in drivers. *Ergonomics*. 1998; 41: 448-458.

Crundall DE, Underwood G y Chapman PR. Driving experience and the functional field of view. *Perception*. 1999; 28: 1075-1087.

Dirección General de Tráfico. Las principales cifras de siniestralidad vial España 2010. Observatorio Nacional de Seguridad Vial. 2010: 30.

Dishart DC y Land MF. The development of the eye movement strategies of learner drivers. En Underwood G (Ed.), Eye guidance in reading and scene perception. Oxford: Elsevier. 1998: 419-429.

Egea A. El comportamiento humano en conducción: factores perceptivos, cognitivos y de respuesta. Universidad de Murcia. 2002.

Egea A. Comportamiento en conducción. Aspectos cognitivos. Universidad de Murcia. 2000. Disponible en: <http://www.um.es/docencia/agustinr/pca/textos/cogni2.pdf>. [Consultado en línea: 16 noviembre 2012].

Torrents A, Escofet J. La salud visual de los conductores españoles. RACC. 2011. Disponible en: http://imagenes.w3.racc.es/uploads/file/17904_escofet.pdf. [Consultado en línea: 26 mayo 2013].

Falkmer T y Gregersen NP. A comparison of eye movement behavior of inexperienced and experienced drivers in real traffic environments. Optometry and Vision Science. 2005; 82: 732-739.

Gómez-Valadés JM, Luis V, Reina R, Sabido R y Moreno FJ. Estrategias de búsqueda visual en conductores expertos y noveles durante la visualización de escenas de tráfico. Anales de Psicología. 2013; 29: 272-279.

Gordon DA. Perceptual mechanisms in vehicular guidance. Public Roads. 1966; 34: 53-68.

Gregersen NP y Bjurulf P. Young novice drivers: Towards a model of their accident involvement. Accident Analysis and Prevention. 1996; 28: 229-241.

Gresty M y Leech J. Coordination of the head and eyes in pursuit of predictable and random target motion. Aviation, Space, and Environmental Medicine. 1977; 48: 741.

Hart WM. Adler. Fisiología del ojo. 9ª ed. Madrid: Mosby-Doyma. 1994.

Henderson JM y Hollingworth A. Eye movements during scene viewing: an overview. En Underwood G. (Ed.), Eye guidance in reading and scene perception. Oxford: Elsevier. 1998: 269-295.

Henderson JM y Hollingworth A. High-level scene perception. Annual Review of Psychology. 1999; 50: 243-271.

Higgins KE, White JM, Cades D, Ciaccio V y Liu L. Effect of age on transient adaptation at low light levels. Journal of Vision. 2005; 5: 22.

Hills BL. Vision, visibility, and perception in driving. Perception. 1980; 9: 183-216.

Hosking SG, Liu CC y Bayly M. The visual patterns and hazard responses of experienced and inexperienced motorcycle riders. Accident Analysis and Prevention. 2010; 42: 196-202.

Huestegge L, Skottke EM, Anders S, Müsseler J y Debus G. The development of hazard perception: dissociation of visual orientation and hazard processing. Transportation Research Part F. 2010; 13: 1-8.

Knudson D y Kluka DA. The impact of vision and vision training in sport performance. Journal of Physical Education, Recreation and Dance. 1997; Abril: 10-20.

Konstantopoulos P, Chapman P y Crundall D. Driver's visual attention as a function of driving experience and visibility. Using a driving simulator to explore drivers' eye movements in day, night and rain driving. Accident Analysis and Prevention. 2010; 42: 827-834.

Laguna BL. Evolución de la función macular con la edad. Universidad Complutense de Madrid. Hospital Clínico Universitario San Carlos. 1995. [Consultado en línea: 20 mayo 2013]. Disponible en:

http://www.e-oftalmologia.com/area_formacion/investigacion/creditos2.html

Land MF, Mennie N y Rusted J. The roles of vision and eye movements in the control of activities of daily living. *Perception*. 1999; 28: 1311-1328.

Laya O. Eye movements in actual and simulated curve negotiation tasks. *LATSS Research*. 1992; 16: 15-26.

Liu A, Veltri L y Pentland AP. Modelling changes in eye fixation patterns while driving. En Gale AG, Brown ID, Haslegrave, Taylor SP (Eds.), *Vision in vehicles – VI* Amsterdam: Elsevier. 1998: 13-20.

Loran D, MacEwen C. *Sports Vision*. Oxford: Butterworth & Heinemann. 1995.

Ludvig E y Miller JW. Study of visual acuity during the ocular pursuit of moving test objects. I. Introduction. *JOSA*. 1958; 48: 799-802.

Maguire EA, Gadian DG, Johnsrude IS, Good CD, Ashburner J, Frackowiak RS y Frith CD. Navigation-related structural change in the hippocampi of taxi drivers. *National Academy of Sciences*. 2000; 97: 4398-4403.

Maguire EA, Woollett K y Spiers HJ. London taxi drivers and bus drivers: a structural MRI and neuropsychological analysis. *Hippocampus*. 2006; 16: 1091-1101.

Matesanz B, Arranz I, Vizmanos JG, Aparicio JA y Mar S. Diseño de una prueba psicofísica para la evaluación del tiempo de recuperación al deslumbramiento: aplicación a la conducción nocturna. *Human Factors*. 2006; 38: 680-689.

Matesanz B. Diseño y puesta a punto de una técnica de medida de sensibilidad retiniana: Aplicación al estudio del comportamiento de la adaptación de retina periférica frente a campos luminosos estacionarios y transitorios. Tesis Doctoral en ciencias físicas. Departamento de Física, teórica atómica y óptica. Universidad de Valladolid. 2010.

Martínez FM, Pons AM. *Fundamentos de la visión*. Universitat de València. 2004: 51-61.

McKenna FP y Crick J. Hazard perception in drivers: a methodology for testing and training. Contractor Report 313. Transport Research Laboratory, Crowthorne. 1994.

Miller JW. Study of visual acuity during the ocular pursuit of moving test objects. II. Effects of direction of movement, relative movement, and illumination. *JOSA*. 1958; 48: 803-806.

Millislagle D. Coincidence anticipation and dynamic visual acuity in young adolescents. *Perceptual and Motor Skills*. 2004; 99: 1147-1156.

Miltenburg PGM y Kuiken MJ. The effect of driving experience on visual search strategies: Results of a laboratory experiment. Haren, Groningen: Rijksuniversiteit Groningen. 1990.

Berrocal P, Hermida G y Plou P. Influencia de la estimulación periférica en la memoria visual. 2002.

Mourant R y Rockwell T. Strategies of visual search by novice and experienced drivers. *Human Factors*. 1972; 14: 325-335.

Neboit M. Vision, exploration visuelle et sécurité routière. *Cahier d'Etude*. 1981; 54.

Neisser U y Becklen R. Selective looking: Attending to visually specified events. *Cognitive Psychology*. 1975; 7: 408-494.

Osaka N. Visual reaction time as a function of target size and retinal eccentricity in the peripheral visual field. *Japanese Psychological Research*. 1976; 18: 183–190.

Osaka N. Naso-temporal differences in human reaction time in the peripheral visual field. *Neuropsychologia*. 1978; 16: 299–303.

Østerberg G. Topography of the layer of rods and cones in the human retina. *Acta Ophthalmologica*. 1935; Supplement: 6–10, 11–96.

Owsley C, Sekuler R y Siemsen D. Contrast sensitivity throughout adulthood. *Vision Research*. 1983; 23: 689-699.

Owsley C y Sloane ME. Contrast sensitivity, acuity, and the perception of 'real-world' targets. *British Journal of Ophthalmology*. 1987; 71: 791-796.

Patten CJD, Kircher A, Östlund J, Nilsson L y Svenson O. Driver experience and cognitive workload in different traffic environments. *Accident Analysis and Prevention*. 2006; 38: 887-894.

Plainis S, Murray IJ y Charman WN. The Role of Retinal Adaptation in Night Driving. *Optometry and Vision Science*. 2005; 82: 682–688.

Poggel DA, Treutwein B, Calmanti C y Strasburger H. The Tölz Temporal Topography Study: Mapping the visual field across the life span. Part I: The topography of light detection and temporal-information processing. *Attention, Perception, & Psychophysics*. 2012; 74: 1114-1132.

Quevedo LI. Evaluación de la Agudeza Visual Dinámica: una aplicación al contexto deportivo. Tesis Doctoral. Universitat Politècnica de Catalunya. 2007. Disponible en: www.tesisenxarxa.net/TDX-0606107-124201/index.html.

Quevedo LI y Solé J. Visió perifèrica: proposta d'entrenament. *Apunts d'educació física i esports*. 2007.

Quevedo LI, Sillero M y Plou P. Protocolo básico de evaluación de las habilidades visuales de los deportistas. IX Jornadas sobre Medicina y Deportes de Alto Nivel. Madrid. Comité Olímpico Español. Comisión médica. 2007.

Recarte MA, Nunes LM, López R y Recarte S. Recursos atencionales y parámetros oculares en la conducción. En Botella J y Ponsoda V (Eds.), *La atención: un enfoque pluridisciplinar*. Valencia: Promolibro. 1998: 373-385.

Recarte MA y Nunes LM. Effects of verbal and spatial-imagery tasks on eye fixations while driving. *Journal of Experimental Psychology: Applied*. 2000; 6: 31-43.

Recarte MA y Nunes LM. Mental workload while driving: effects on visual search, discrimination, and decision making. *Journal of Experimental Psychology: Applied*. 2003; 9: 119-137.

Saíñz de la Torre N y Santana G. Estudio de la influencia de estímulos cromáticos sobre algunas manifestaciones de la percepción espacial en jugadoras de Hockey sobre césped 15 - 16 años de Matanzas. En *Boletín científico - técnico, CEMA, Matanzas*. 1999: 12 - 17.

Saíñz de la Torre N y Peñate C. Visión periférica cromática: un estudio en jugadores juveniles de Voleibol. Tesis de Maestría, Matanzas. 1999.

Saíñz de la Torre N. Algunas consideraciones sobre la visión periférica en los juegos deportivos. *Lecturas: Educación física y deportes*. 2003; 60: 2.

Schiefer U, Strasburger H, Becker ST, Vonthein R, Schiller J, Dietrich TJ et al. Reaction time in automated kinetic perimetry: effects of stimulus luminance, eccentricity and movement direction. *Vision Research*. 2001; 41: 2157–2164.

Seya Y y Nakayasu H. Visual search of trained and untrained drivers in a driving simulator. *Japanese Psychological Research*. 2008; 50: 242-252.

Shinar D. Driver visual limitations, diagnosis and treatment. Bloomington, Indiana: Indiana University. 1977.

Sillero M. La percepción de trayectorias como tarea visual: propuesta de evaluación en fútbol. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid. 2002.

Strasburger H, Rentschler I y Jüttner M. Peripheral vision and pattern recognition: A review. *Journal of Vision*, 2011; 11: 13.

Summala H. Forced peripheral vision driving paradigm: evidence for the hypothesis that car drivers learn to keep in lane with peripheral vision. En Gale AG, Brown ID, Haslegrave CM y Taylor SP (Eds.), *Vision in vehicles - VI* Oxford: Elsevier. 1998: 51-60.

Summala H, Nieminen T y Punto M. Maintaining lane position with peripheral vision during in-vehicle tasks. *Human Factors*. 1996; 38: 442-451.

Teichner WH y Krebs MJ. Laws of the simple visual reaction time. *Psychological Review*. 1972; 79: 344–358.

Tejero P, Pastor G y Crespo A. Exploración visual y movimientos oculares en conductores con distinta experiencia. Una revisión. *Anales de Psicología*. 2004; 20: 127-145.

Underwood G, Chapman P, Berger B y Crundall D. Driving experience, attentional focusing, and the recall of recently inspected events. *Transportation Research Part F*. 2003; 6: 289-304.

Unema P y Rötting M. Differences in eye movements and mental workload between experienced and inexperienced motor-vehicle drivers. En Brogan D (Ed.), *Visual search*. London: Taylor & Francis. 1990.

Van Rijn LJ. New standards for the visual functions of drivers. Bruselas, Unión Europea. 2005.

Velde Harnsenhorst JJ y Lourens PF. Aspects of driving behaviour in learner and inexperienced drivers. En Gale AG, Brown ID, Haslegrave CM, Moorhead I y Taylor SP (Eds.), *Vision in vehicles – III* Amsterdam: Elsevier. 1991: 63-70.

Verdú FM y de Fez Saiz D. La influencia de la vista en la conducción: aspectos legales y controles de calidad. *Gestión práctica de riesgos laborales: Integración y desarrollo de la gestión de la prevención*. 2006; 33: 36-43.

Vivó FJ. Influencia de la fatiga en la agudeza visual dinámica y frecuencia crítica de fusión en un grupo de motoristas de élite participantes de una prueba de resistencia de 24 horas. Trabajo Final del Máster en Optometría y Ciencias de la Visión. UPC. 2011. Disponible en: <http://hdl.handle.net/2099.1/7875>.

Weissman S y Freeburne CM. Relationship between static and dynamic visual acuity. *Journal of Experimental Psychology*. 1965; 70: 141-146.

Wickens CD, Gordon SE, Liu Y. *An Introduction to Human Factors Engineering*. NY: Addison Wesley Longman. 1998.

Wikman AS, Niemmen T y Summala H. Driving experience and time-sharing during in-car tasks on roads of different width. *Ergonomic*. 1998; 41: 358-372.

Wist ER, Schrauf M y Ehrenstein WH. Dynamic vision based on motion-contrast: changes with age in adults. *Experimental Brain Research*. 2000; 134: 295-300.

ANEXO I. CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA PARTICIPANTES DE INVESTIGACIÓN

El propósito de esta ficha de consentimiento es informar a los participantes en esta investigación la naturaleza de la misma, así como de su rol en ella como participantes de acuerdo con la declaración de Helsinki.

Dicha investigación es realizada por María José Muñoz Rodríguez, óptica optometrista con n.c. 15.444 como estudiante del Master en Optometría y Ciencias de la Visión, impartido por la Facultad de Óptica y Optometría de Terrassa de la Universidad Politécnica de Cataluña. La meta de este estudio es *valorar las habilidades visuales en visión periférica de conductores profesionales*.

Si usted accede a participar en este estudio, se le pedirá responder preguntas en una entrevista (o completar una encuesta) y se le someterá a una serie de pruebas clínicas para la valoración visual. Este procedimiento completo tendrá una duración aproximada de unos 75 minutos.

La participación en este estudio es estrictamente voluntaria. La información que se recoja será confidencial y no se usará para ningún otro propósito fuera de los de esta investigación. Sus respuestas al cuestionario y a la entrevista serán codificadas usando un número de identificación y, por lo tanto, serán anónimas.

Si tiene alguna duda sobre este proyecto, puede hacer preguntas en cualquier momento durante su participación en él. Igualmente, puede retirarse del proyecto en cualquier momento.

Desde ya le agradecemos su participación.

Acepto participar voluntariamente en esta investigación, conducida por María José Muñoz Rodríguez. He sido informado/a de que la meta de este estudio es *conocer las habilidades visuales desarrolladas por conductores experimentados*.

Me han indicado también que tendré que responder cuestionarios y preguntas en una entrevista, lo cual supondrá aproximadamente unos 75 minutos.

Reconozco que la información que yo provea en el curso de esta investigación es estrictamente confidencial y no será usada para ningún otro propósito fuera de los de este estudio sin mi consentimiento. He sido informado de que puedo hacer preguntas sobre el proyecto en cualquier momento y que puedo retirarme del mismo cuando así lo decida. De tener preguntas sobre mi participación en este estudio, puedo contactar a María José Muñoz Rodríguez al teléfono XX XXX XX XX.

Entiendo que una copia de esta ficha de consentimiento me será entregada, y que puedo pedir información sobre los resultados de este estudio cuando éste haya concluido. Para esto, puedo contactar a María José Muñoz Rodríguez al teléfono anteriormente mencionado.

Nombre del Participante
(en letras de imprenta)

Firma del Participante

Firma de la investigadora

ANEXO II. CUESTIONARIO CONDUCTORES PROFESIONALES:

DATOS PERSONALES:

NOMBRE:

DNI: FECHA DE NACIMIENTO:

SEXO: NACIONALIDAD/RAZA:

TELÉFONO: CORREO ELECTRONICO:

PROFESIÓN: HOBBIES:

ANAMNESIS ESPECÍFICO CONDUCTORES ESPECIALIZADOS:

- ¿Tiene carné de conducir?
 - ¿Qué categoría?
 - ¿Cuántos años hace?
- ¿Cuántos años hace que es conductor profesional?
- ¿Ejerce actualmente?
 - En caso de no ejercer, ¿Cuánto tiempo hace que no ejerce?
 - ¿Cuántas horas diarias/semanales dedica a la conducción?
- ¿Cuál es el porcentaje de horas de conducción en ciudad o vías de acceso?
- ¿Cuál es su horario de conducción habitual (Diurno/Nocturno/Alternativo)?
- ¿Cuál sería el kilometraje que realiza anualmente?
- ¿Es jugador habitual de videojuegos?
 - ¿En qué plataforma?
 - ¿Cuántas horas dedica semanalmente?
- ¿Ha jugado o juega en algún deporte de equipo?
 - ¿Cuál?
 - Si todavía lo practica:
 - ¿Cuántos años lleva practicándolo?
 - Si ya no lo practica:
 - ¿Durante cuántos años practicó dicho deporte?
 - ¿Cuánto tiempo hace que lo dejó?
- ¿Ha realizado o realiza artes marciales?
 - ¿Cuál?
 - Si todavía lo practica:
 - ¿Cuántos años lleva practicándolo?
 - Si ya no lo practica:
 - ¿Durante cuántos años practicó dicha arte marcial?
 - ¿Cuánto tiempo hace que lo dejó?

ANEXO III. CUESTIONARIO NO CONDUCTORES O CONDUCTORES NO PROFESIONALES

DATOS PERSONALES:

NOMBRE:

DNI:

FECHA DE NACIMIENTO:

SEXO:

NACIONALIDAD/RAZA:

TELÉFONO:

CORREO ELECTRONICO:

PROFESIÓN:

HOBBIES:

ANAMNESIS NO CONDUCTORES ESPECIALIZADOS:

- ¿Tiene carné de conducir?
 - ¿Qué categoría?
 - ¿Cuántos años hace?
- Si es conductor:
 - ¿Cuántas horas diarias/semanales dedica a la conducción?
 - ¿Cuál es el porcentaje de horas de conducción en ciudad o vías de acceso?
 - ¿Cuál es su horario de conducción habitual (Diurno/Nocturno/Alternativo)?
 - ¿Cuál sería el kilometraje que realiza anualmente?
- ¿Es jugador habitual de videojuegos?
 - ¿En qué plataforma?
 - ¿Cuántas horas dedica semanalmente?
- ¿Ha jugado o juega en algún deporte de equipo?
 - ¿Cuál?
 - Si todavía lo practica:
 - ¿Cuántos años lleva practicándolo?
 - Si ya no lo practica:
 - ¿Durante cuántos años practicó dicho deporte?
 - ¿Cuánto tiempo hace que lo dejó?
- ¿Ha realizado o realiza artes marciales?
 - ¿Cuál?
 - Si todavía lo practica:
 - ¿Cuántos años lleva practicándolo?
 - Si ya no lo practica:
 - ¿Durante cuántos años practicó dicha arte marcial?
 - ¿Cuánto tiempo hace que lo dejó?

ANEXO IV. PRUEBAS CLÍNICAS

ANAMNESIS GENERAL:

SALUD GENERAL:

MEDICACIÓN:

SALUD OCULAR:

ANTECEDENTES OCULARES:

ANTECEDENTES OCULARES FAMILIARES:

SITUACIÓN VISUAL ACTUAL:

- Usa corrección (habitualmente, esporádica, solo para VL, solo para VP):
- Tipo de corrección si la lleva (monofocal VL o VP, bifocal, progresiva...):
- Última revisión:
- Sintomatología:

SALUD OCULAR:

- BIOMICROSCOPIA (VALORAR LÁGRIMA, ESTADO CORNEA, OPACIDAD CRISTALINO...):
- TONOMETRIA: OD.
OI. HORA.

ANÁLISIS VISUAL:

- AV VL sc. OD. OI. AO.
- AV VL cc. OD. OI. AO.
- SUBJ VL Y VP.
OD.
OI.
- VALORACIÓN AV EN VISIÓN CENTRAL: OD. OI.
 - CON 2.5° EXCENTRICIDAD CAMPO NASAL OD. OI.
 - CON 2.5° EXCENTRICIDAD CAMPO TEMPORAL OD. OI.
- SHOBBER:
- LUCES DE WORTH VL:
- ESTEREOPSIS:
- CX VP (40 cm):

- SENSIBILIDAD AL CONTRASTE.

FIJACIÓN CENTRAL OD

	1.5	3	6	9	12	18
5						
9						
18						
32						
60						
115						
210						
400						
800						

FRECUENCIA ESPACIAL (CICLOS/GRADOS) /// CONTRASTE

FIJACIÓN CON 2.5° EXCENRICIDAD NASAL (OD)

	1.5	3	6	9	12	18
5						
9						
18						
32						
60						
115						
210						
400						
800						

FRECUENCIA ESPACIAL (CICLOS/GRADOS) /// CONTRASTE

FIJACIÓN CENTRAL OI

	1.5	3	6	9	12	18
5						
9						
18						
32						
60						
115						
210						
400						
800						

FRECUENCIA ESPACIAL (CICLOS/GRADOS) /// CONTRASTE

FIJACIÓN CON 2.5° EXCENRICIDAD TEMPORAL
(OI)

	1.5	3	6	9	12	18
5						
9						
18						
32						
60						
115						
210						
400						
800						

FRECUENCIA ESPACIAL (CICLOS/GRADOS) /// CONTRASTE

PRUEBAS COMPLEMENTARIAS:

- CAMPIMETRIA CON PANTALLA TANGENTE

Tabla para campimetría. A 1 metro valoramos los 30° centrales. Estímulo blanco de 3.5 mm.

	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360
OD												
OI												



- TEST DE DESPLAZAMIENTO DORSAL:

Distancia a la que realizamos el test: 1.85 m.

Distancia a la que se sitúa para poder ver el test completo: cm.

Equivalencia del campo visual (grados):

- TEST ESPECÍFICO DE CONDUCCIÓN:

1		
2	Muy Lenta 	
3	Lenta 	
4	Media 	
5	Rápido 	
6	Muy Lenta 	
7	Rápido 	
8	Rápido 	
9	Mariquita lenta 	
10	Rápido 	
11	Rápido 	
12	Rápido  Grande	

Tiempo de video:

Toques de pelota:

Imagen o color percibido en visión periférica:

